

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Matija Žegrec**

Zagreb, 2014.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Dragan Žeželj

Student:

Matija Žegrec

Zagreb, 2014.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru doc.dr.sc. Draganu Žeželju na razumijevanju, podršci i savjetima kojima mi je uvelike olakšao pisanje ovog rada.

Matija Žegrec



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarški i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## **DIPLOMSKI ZADATAK**

Student:

Mat. br.:

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku:

Naslov rada na  
engleskom jeziku:

Opis zadatka:

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zvonimir Guzović

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK.....	IX
SUMMARY .....	X
1. UVOD.....	1
2. PODJELA KONTEJNERA PREMA VELIČINI.....	2
2.1. Mali kontejneri.....	2
2.2. Srednji kontejneri.....	2
2.3. Veliki kontejneri .....	3
3. KLASIFIKACIJE KONTEJNERA PREMA ISO STANDARDU .....	4
3.1. Fiksni stambeni kontejneri .....	6
3.2. Rastavljivi/sklopivi uredski kontejneri .....	7
4. KONTEJNERI KAO KONCEPT STANOVANJA .....	9
4.1. Redondo Beach House .....	10
4.2. Visoka poslovna škola B.A. Krčelić .....	11
5. HRVATSKO ZAKONODAVSTVO PRIMIJENJENO NA KONTEJNERSKE GRAĐEVINE .....	12
5.1. Energetsko certificiranje kontejnera i modularnih objekata napravljenih od zasebnih stambenih jedinica .....	13
6. GENERIRANJE KONCEPATA .....	14
6.1. Koncepti.....	17
6.1.1. Koncept 1 .....	17
6.1.2. Koncept 2 .....	19
6.1.3. Koncept 3 .....	20
6.1.4. Koncept 4 .....	22
6.2. Vrednovanje koncepata.....	22
6.3. Odabir koncepta .....	24
7. PRORAČUN .....	25
7.1. Pretpostavljena masa i opterećenja .....	27
7.2. Odabir geometrije i dimenzija vertikalnog stupa .....	29
7.2.1. Proračun odabrane geometrije stupa .....	30
7.3. Proračun poda kontejnera.....	34
7.4. Proračun krova kontejnera .....	35
7.5. Proračun dijelova za dizanje .....	40
7.5.1. Proračun zavarenog spoja .....	40
7.5.2. Proračun konzole .....	42
7.5.3. Provjera samokočnosti konusa i potrebne sile .....	43

7.5.3.1. Procjena potrebnog momenta ovisno o duljini poluge ključa.....	44
7.6. Izgled, dimenzije i proračun nauglica .....	44
8. GRADNJA MODULARNIH OBJEKATA.....	45
8.1. Spoj kontejnera sa podlogom .....	45
8.1.1. „Temelj nauglica“ .....	46
8.2. Bočno spajanje kontejnera .....	47
8.2.1. Bočno zavarivanje.....	47
8.2.2. Horizontalni konektor .....	48
8.2.3. Navojna šipka.....	49
8.3. Vertikalno spajanje kontejnera.....	50
8.3.1. Dvostruki vertikalni konektor (VI-SO).....	50
8.4. Zaključak.....	50
9. SPAJANJE INFRASTRUKTURE .....	51
9.1. Kanalizacija.....	51
9.2. Dovod vode .....	52
10. SKLAPANJE POJEDINIH DIJELOVA KONTEJNERA .....	56
10.1. Sklop zidnih panela.....	56
11. VERIFIKACIJA PRORAČUNA ANALIZOM METODOM KONAČNIH ELEMENATA.....	59
11.1. Proračun vertikalnog stupa.....	59
11.2. Proračun nauglice.....	61
11.3. Provjera poprečnih greda .....	63
12. ZAKLJUČAK.....	64
LITERATURA.....	66

## POPIS SLIKA

Slika 1. Mali tip kontejnera .....	2
Slika 2. Veliki tip kontejnera.....	3
Slika 3. Prijevoz fiksnih kontejnera .....	6
Slika 4. Prijevoz sklopivih kontejnera.....	7
Slika 5. Prvi kontejnerski grad u Londonu.....	9
Slika 6. Redondo Beach House .....	10
Slika 7. Visoka poslovna škola u Zaprešiću.....	11
Slika 8. Koncept 1 .....	17
Slika 9. Koncept 2 .....	19
Slika 10. Koncept 3 .....	20
Slika 11. Sklop nauglice i vertikalne cijevi.....	21
Slika 12. "Zaključana" verzija.....	21
Slika 13. Modularni objekt "Wiener Netze " u Beču .....	27
Slika 14. Poprečni presjek vertikalnog stupa .....	29
Slika 15. Udaljenosti težišta od težišta presjeka .....	31
Slika 16. Tip proračuna na izvijanje.....	32
Slika 17. Pretpostavljeno opterećenje na podnu poprečnu gredu.....	34
Slika 18. Karta karakterističnog opterećenja snijegom.....	35
Slika 19. Pretpostavljeno opterećenje na krovnu poprečnu gredu .....	37
Slika 20. Poprečni presjek U profila .....	38
Slika 21. Poprečni presjek zavara .....	41
Slika 22. Primjer sila kod konusnog osiguranja.....	43
Slika 23. Razmak između rupa nauglica .....	44
Slika 24. Temelj čeličnom pločom.....	45
Slika 25. Zavarena nauglica .....	46
Slika 26. „Temelj nauglica“ .....	46
Slika 27. Twistlock uređaj.....	47
Slika 28. Bočno povezivanje kontejnera .....	47
Slika 29. Tandemlock horizontalni konektor .....	48
Slika 30. Navojna šipka.....	49
Slika 31. Bočni spoj .....	49
Slika 32. Dvostruki vertikalni konektor .....	50
Slika 33. Kompost toalet .....	52
Slika 34. Kućni vodovodni priključak.....	53
Slika 35. Zidni panel .....	56
Slika 36. Bocni presjek panela .....	57
Slika 37. Spajanje lima samoureznim vijcima .....	58
Slika 38. Spajanje lim-lim.....	58
Slika 39. Zaštitni profili .....	58
Slika 40. Analiza vertikalnog supa.....	59
Slika 41. Analiza drugim programskim paketima.....	60
Slika 42. Referentni pomaci .....	61
Slika 43. Maksimalna naprezanja.....	62
Slika 44. Vrijednost progiba poprečne grede .....	63
Slika 45. 3D prikaz kontejnera .....	65

**POPIS TABLICA**

Tabela 1. Dimenzije kontejnera .....	4
Tabela 2. Dimenzije stambenih kontejnera .....	5
Tabela 3. Vrednovanje koncepata .....	22
Tabela 4. Karakteristike kontejnera za prijevoz robe .....	25
Tabela 5. Razredi prema namjeni opterećenja .....	26
Tabela 6. Mehaničke karakteristike materijala NAXTRA 550 .....	40
Tabela 7. Vrijednosti izljevniha jedinica .....	54
Tabela 8. Odabir cijevi .....	55



## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

BROJ CRTEŽA	Naziv iz sastavnice
SK 000	Sklop kontejnera
SK 001	Sklop nosive konstrukcije
SP 000	Nosiva konstrukcija poda
SKR 000	Nosiva konstrukcija krova
SST 000	Sklop vertikalnog stupa
ND 000	Sklop nauglice
ND 001	Gornja ploča nauglice

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$R$	kg	Najveća dopuštena masa kontejnera
$P$	kg	Najveća dopuštena masa tereta
$G$	kg	Težina praznog kontejnera
$\sigma$	$\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	Vrijednost opterećenja poda kontejnera
$A_{ukup}$	$\text{m}^2$	Ukupna unutarnja površina zidova
$m_{ukup}$	kg	Ukupna masa kontejnera
$F$	kN	Maksimalna sila kojom možemo opteretiti stup
$\sigma_{\max}$	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	Maksimalno naprezanje
$F_{ukup}$	N	Ukupna sila
$A$	$\text{mm}^2$	Površina minimalnog presjeka vertikalnog stupa
$A_{ukup}$	$\text{mm}^2$	Ukupna površina poprečnog presjeka stupa
$A_{1-4}$	$\text{mm}^2$	Površine dijelova poprečnih presjeka stupa
$Y_{1-4}$	mm	Udaljenost težišta od početne osi u Y smjeru
$Z_{1-4}$	mm	Udaljenost težišta od početne osi u Z smjeru
$I_{1-2}$	$\text{mm}^4$	Aksijalni moment tromosti
$I_{y_1-y_4}$	$\text{mm}^4$	Aksijalni moment tromosti za udaljenost težišta od početne osi u Y smjeru
$I_{z_1-z_4}$	$\text{mm}^4$	Aksijalni moment tromosti za udaljenost težišta od početne osi u Z smjeru
$a_1 - a_4$	mm	Udaljenost težišta pojedinih dijelova presjeka od težišta mase u smjeru Z
$b_1 - b_4$	mm	Udaljenost težišta pojedinih dijelova presjeka od težišta mase u smjeru Y
$I_{\max}$	$\text{mm}^4$	Maksimalni aksijalni moment tromosti
$I_{\min}$	$\text{mm}^4$	Minimalni aksijalni moment tromosti

$F_{kr}$	kN	Kritična sila izvijanja
$\nu$	/	Faktor sigurnosti
$\sigma_{kr}$	$\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	Kritično naprezanje u trenutku izvijanja
$i_{\min}$	mm	Minimalni polumjer tromosti presjeka
$\lambda$	/	Koeficijent vitkosti
$Q_k$	kN	Koontinuirano opterećenje
$M_{\max}$	kNm	Maksimalni moment
$T$	kN	Sila
$q$	$\frac{\text{kN}}{\text{m}}$	Opterećenje
$l$	m	Udaljenost među osloncima
$W_x$	$\text{cm}^3$	Moment otpora
$I_x$	$\text{cm}^4$	Moment inercije
$A_y$	$\text{cm}^2$	Površina poprečnog presjeka nosača
$d$	mm	Debljina materijala
$\sigma_{\text{dop}}$	$\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$	Dopušteno naprezanje materijala
$\tau_{\text{dop}}$	$\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$	Dopušteno tangencijalno naprezanje
$w$	cm	Dozvoljeni pregib
$w_{\max}$	cm	Maksimalna vrijednost pregiba
$S_k$	$\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	Karakteristična vrijednost opterećenja na tlu
$\mu_i$	/	Koeficijent oblika za opterećenje snijegom
$C_e$	/	Koeficijent izloženosti
$C_t$	/	Toplinski koeficijent
$\delta$	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Gustoća mineralne vune/iverice
$V$	$\text{m}^3$	Volumen mineralne vune

$S_{ukup}$  $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ 

Ukupno opterećenje krova

## SAŽETAK

Tema diplomskog rada bila je napraviti jednostavan stambeni kontejner koji bi se mogao ponašati kao zasebna jedinica, i kao sastavni dio u modularnoj gradnji. Zadnjih nekoliko godina tržište kontejnerima doživljava procvat, te se građevine napravljene od jednostavnih jedinica sve češća pojava. Brzina izrade, trajnost, toplinska izolacija, mogućnost preseljenja građevine itd. samo su neke od prednosti pred tradicionalnom gradnjom. Iako Hrvatska u tom pogledu još uvijek kaska za Europom, pozitivan trend gradnje kontejnerima sve se više primjenjuje i kod nas, te i u sljedećim godinama možemo očekivati rast proizvodnje. Misao vodilja kod razvitka diplomskog rada bila mi je kako napraviti što više dijelova koji se mogu napraviti bez potrebe za kompliciranim strojevima i striktno industrijskom proizvodnjom. Upravo radi toga su dijelovi poput nauglica, zidnih panela, odvoda itd. konstruirani tako da nema potrebe za kupovanjem skupih gotovih proizvoda, već se mogu i samostalno složiti. U tekstu su dati proračuni glavnih nosećih dijelova, te način slaganja i montaže. Za kompletan sklop i sve dijelove izrađen je i 3D model i tehnička dokumentacija u predviđenom opsegu.

Ključne riječi: Rastavljivi kontejner, modularna gradnja, zavarene nauglice

## **SUMMARY**

Main subject of this thesis was to make an easy living container that could act as a separate unit, and as an integral part of the modular system. The last few years the container market is experiencing a big boom, almost on every part of the globe. Speed, durability, thermal insulation, possibility of relocating the buildings etc. are some of the advantages over traditional construction. The positive trend of building containers is increasingly being applied also in our country, and in following years we can expect more production growth. The guiding principle in the development of the thesis was to make as many parts that can be done without the need for complicated machinery and strict industrial production. That is why parts like corner fittings, wall panels, drainage system etc. are constructed so that there is no need to purchase expensive products. For whole assembly and the parts there is 3D model and technical documentation within the prescribed scope.

Key words: flatpack container, welded corner fittings, buckling calculations

## 1. UVOD

Postoji podatak da je prijevoz robe kontejnerima bio visoko razvijen već u 18-om stoljeću, iako se glavna ekspanzija kontejnerskog prijevoza, i općenito proizvodnje kontejnera dogodila 60-ih godina 20-og stoljeća. Prva globalna proizvodnja kontejnera dogodila se za vrijeme II .sv. rata kada se kontejnerima morskim putem prevozilo oružje i hrana. Prije razvoja kontejnera sva dobra su se pakirala ili u vreće ili u bačve, a za istovar broda trebalo je i do tjedan dana. Kao i za mnogo stvari koje su razvijena za ratno vrijeme, svoje mjesto su pronašle i u mirnodopsko doba. Tako je i II sv. rat bio odskočna daska za razvoj različitih tipova kontejnera, a samim time i novih brodova i vozila koja su bila u stanju prevoziti sve više i više tereta. Ocem moderne kontejnerske proizvodnje naziva se Malcom Purcell McLean koji je zaslužan što se danas gotovo 85-90% tereta prevozi u kontejnerima morskim putem. Iako je ideja o skupnom prijevozu dobara postajala već i ranije, on je prvi do kraja razvio standardni kontejner kakvim se i danas koristimo. Prvi brod koji je namjenski rađen za prijevoz kontejnera proizveden je 1951. u Danskoj. Do 1969. godine kontejnerski promet činio je 40% ukupnog linijskog prometa Atlantikom. Zanimljiva je činjenica da od trenutačno 250 najbržih i najvećih brodova za prijevoz kontejnera, samo 9 ih je napravljeno prije 2000-te godine što pokazuje kolika je tendencija razvoja prijevoza i kontejnerske proizvodnje. Iako kontejneri za prijevoz robe nisu tema ovog diplomskog rada, oni su postavili temelje za sve moderne stambene tipove kontejnera, te da bismo razumjeli daljnju razradu problema moramo krenuti od najosnovnijih pojmova, a to su upravo kontejneri za prijevoz robe.

## 2. PODJELA KONTEJNERA PREMA VELIČINI

Procjenjuje se da danas na svijetu postoji oko 20000 različitih tipova kontejnera. Da bi se neka zatvorena konstrukcija uopće i mogla zvati kontejnerom mora posjedovati ova svojstva.

- mora biti takve konstrukcije da se može prekrcavati u svim terminalima na svijetu
- širina treba biti maksimalno 2600 mm jer je to maksimalna dozvoljena širina vozila, te se tada u njega mogu staviti poprečno 2 euro palete
- visina mora biti maksimalno 2900 mm zbog cestovne vožnje
- mora biti izrađen sa zapremninom od najmanje 1m<sup>3</sup>

### 2.1. Mali kontejneri

Mogu se svrstati u 3 kategorije:

- kategorija A: slobodi volumen od 1 do 1.2 m<sup>3</sup>
- kategorija B: slobodni volumen od 1.2 do 2 m<sup>3</sup>
- kategorija C: slobodni volumen od 2 do 3 m<sup>3</sup>

Zbog malih dimenzija ovi kontejneri se ne koriste u prekomorskom prometu. Ovu vrstu kontejnera koriste većinom željeznice. Klasificirani su prema Međunarodnoj željezničkoj uniji –UIC. Većinom su zatvorenog tipa. Na slici ispod nalazi se jedan takav kontejner.



Slika 1. Mali tip kontejnera

### 2.2. Srednji kontejneri

Srednji kontejneri su svi kontejneri sa volumenom većim od 3m<sup>3</sup>, a manji od 10 m<sup>3</sup>. Dužina im mora biti manja od 6000 mm, a bruto težina između 2500 kg i 5000 kg. Najpoznatiji tipovi



srednjih kontejnera su zasigurno „PA“ kontejneri. To su kontejneri koji imaju kotače, te su im potrebni i posebni vagoni za fiksiranje.

### 2.3. Veliki kontejneri

U velike kontejnere spadaju svi kontejneri zapremine veće od 10m<sup>3</sup>, i većom dužinom od 6000 mm. Često se još i nazivaju trans kontejneri. Iako su im dimenzije standardizirane, zbog same specifičnosti tereta prelaze i ove dimenzije.



Slika 2. Veliki tip kontejnera

### 3. KLASIFIKACIJE KONTEJNERA PREMA ISO STANDARDU

Kontejneri su klasificirani prema standardu DIN/ISO 668 i DIN 15190. Trenutačno imamo 5 kategorija koje su najzastupljenije u cjelokupnoj svjetskoj proizvodnji.

- 20 stopni 1CC (20-ft/6100 mm)
- 40 stopni 1AA (40-ft/12200 mm)
- 45 stopni (45-ft/13700 mm)
- 48 stopni (48-ft/14600 mm)
- 53 stopni (53-ft/16200 mm)

Najviše se koriste kontejneri tipa 1AA i 1CC. Njihove dimenzije pobrojane su u tablici ispod te je dana i pretpostavljena svjetska cijena pretvorena u kune.

**Tabela1. Dimenzije kontejnera**

	20 stopni kontejner	40 stopni kontejner
Duljina	6100 mm	12200 mm
Širina	2440 mm	2440 mm
Visina	2590 mm	2590 mm
Težina	2200 kg	3800 kg
Nosivost	21800 kg	26680 kg
Cijena	13950 kn	17100 kn

Standardni kontejneri prema ISO standardu grade se u dvije serije. Serija 1 (A-F) i serija 2 (A-C). Kontejneri druge serije moraju imati i posebne utoke za rad sa viljuškarom. 40 stopni kontejneri nemaju džepove za viljuškar pošto bi bilo teško manipulirati tako velikim teretom. Kontejneri sa oznakama A,B,C,D itd. su visoki 8 stopa, a ako su kontejneri 8'6" visine, slova se dupliraju, tipa AA, BB, CC.

Pošto trenutačno postoje različiti tipovi kontejnera ISO standard 4346 propisuje 8 osnovnih tipova na koje onda možemo podijeliti sve ostale tipove.

- a) Standardni (eng. General purpose containers)
- b) Za rasute terete (eng. Bulk containers)
- c) Ventilacijski (eng. Air surface containers)
- d) Otvoreni prema gore (eng. Open-top containers)
- e) Za određene vrste tereta (eng. Named cargo containers)
- f) Rashladni (eng. Thermal containers)
- g) Platforme (eng. Platform containers)
- h) Tankovi (eng. Tank containers),

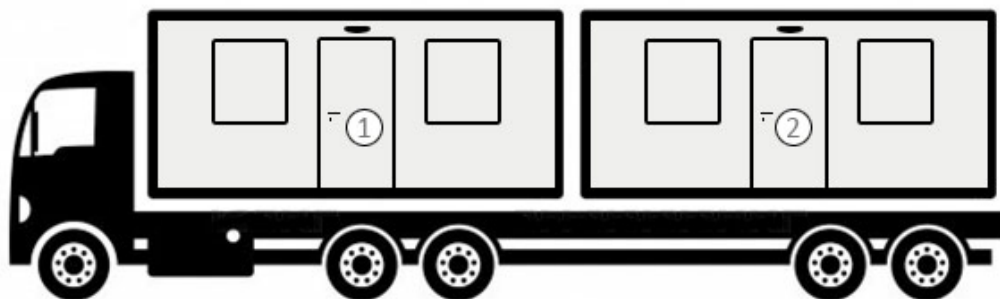
Specifični tip standardnog kontejnera su i stambeni kontejneri. Koriste se kao spavaonice, kuće, prodavaonice itd. Stambeni kontejneri mogu biti izvedeni kao fiksni ili rastavljivi. Stambene kontejnere je isto moguće proizvesti u standardnim dimenzijama, a oni se onda slažu ovisno o potrebama naručitelja. U tabeli 2 nalaze se najučestalije dimenzije stambenih kontejnera.

**Tabela 2. Dimenzije stambenih kontejnera**

Duljina	Širina	Visina
2991 mm	2438 mm	2591/2791 mm
6068 mm	2438 mm	2591/2791 mm
9125 mm	2438 mm	2591/2791 mm
12120 mm	2438 mm	2591/2791 mm

### 3.1. Fiksni stambeni kontejneri

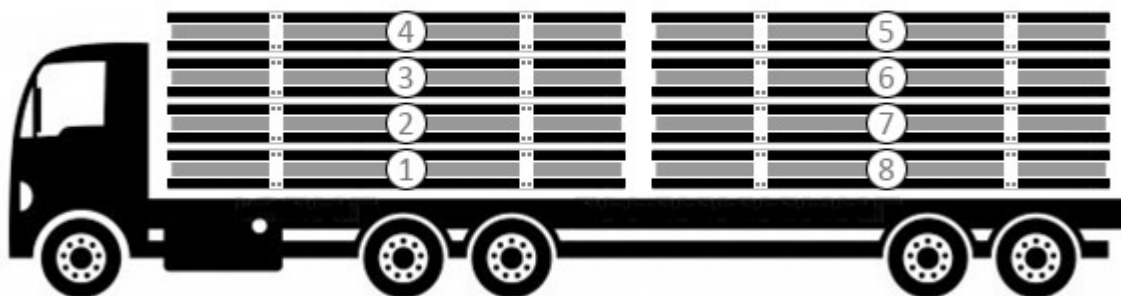
Što se tiče stambenih kontejnera, ovo su najučestaliji tipovi. Rade se u gore navedenim dimenzijama, te se koriste za različite mogućnosti, najčešće na velikim gradilištima kao spavaonice ili kuhinje, različiti laboratoriji na mjestima bez potrebne infrastrukture, ali i kao modularni objekti poput škola, staračkih domova itd. Fiksne kontejnere moguće je prije postavljanja opremiti i sa sanitarnim čvorom, kupaonicom, kuhinjom, kompletnom električnom instalacijom, rashladnim uređajima tako da je kontejner odmah nakon instalacije spreman za useljavanje. Glavna prednost ovog tipa kontejnera je njegova čvrstoća i postojanost. Pošto je u potpunosti izrađen u proizvodnom pogonu na mjestu instalacije nema nikakvih dodatnih radnji osim pripremiti teren i smjestiti kontejner. Pošto smo već ranije naveli da se kontejneri najčešće voze ili na neka udaljena mjesta, ili na mjesta gdje ne postoji potrebna infrastruktura za smještaj ljudi, cijena prijevoza jedan je od bitnih faktora kod narudžbe kontejnera. Glavna mana ovakvih kontejnera, ukoliko se to uopće može nazvati manom, je upravo to što na jedan standardni kamion od 13.6 m mogu stati maksimalno 2 kontejnera. Na slici 3. prikazan je raspored slaganja kontejnera na kamion.



Slika 3. Prijevoz fiksnih kontejnera

### 3.2. Rastavljivi/sklopivi uredski kontejneri

Ovaj tip stambenih kontejnera mi se činio veoma zanimljivim, te sam i zbog ovog tipa kontejnera odlučio za diplomski rad razvijati sklopivi kontejner. Pošto je prijevoz kontejnera veoma skup, bilo bi odlično kada bi na jedan standardni kamion uspjeli staviti više od samo 2 kontejnera. Upravo to je i razlog zašto se krenulo u razvijanje sklopivih kontejnera. Umjesto standardne visine od 2591 mm, moguće je napraviti sklopivi kontejner čija je transportna visina od 670 ili 954 mm. Na slici 4. prikazan je primjer kamiona sa 8 natovarenih kontejnera, što je i najčešći broj kontejnera koji se mogu prevesti jednim standardnim kamionom.



**Slika 4. Prijevoz sklopivih kontejnera**

Glavni nedostatak sklopivih kontejnera je potreba za slaganjem na mjestu instalacije za što je potreban viljuškar ili dizalica. Nakon što se kontejner spusti na predviđeno mjesto, viljuškarom ili dizalicom se digne krov. U tijelu sklopljenog kontejnera nalazi se sve potrebno za kompletnu instalaciju. Prvo se vijcima montiraju stupovi na koje se spusti krov da dobijemo donekle stabilnu konstrukciju. Nakon toga montiraju se stranice koje daju završnu krutost cijelom kontejneru. Standardi fiksni kontejner je u potpunosti namješten iznutra, dok kod sklopivog moramo tek onda namještati rashladni uređaj, sanitarni čvor itd. Iako to zvuči kao veliki nedostatak, kada uzmemo u obzir cijenu prijevoza vidimo da to baš i nije tako. Ovdje je potrebno napomenuti da se kontejneri vrlo često ne instaliraju pojedinačno, već da se grade prava kontejnerska naselja. U ovakvim situacijama cijena i mogućnost prijevoza kontejnera još i više dolazi do izražaja. Ideja je napraviti sklopivi kontejner sa što više instaliranih dijelova, tako da smanjimo potrebu za dodatnim radnjama na mjestu postavljanja. Pošto su u tijelu kontejnera već smještene stranice kontejnera, stupovi itd. ne ostaje baš previše mjesta za instalirati stvari koje se nalaze u fiksnom kontejneru. Jedna od glavnih ideja

kod razvitka sklopivog kontejnera bila bi upravo o tome kako napraviti što kompaktniji sklopivi kontejner. Većina sklopivih kontejnera sada se slaže upotrebom vijaka. Ukoliko je moguće, ideja kod razvoja novog kontejnera bila bi upravo o smanjenju potrebe za vijčanom vezom korištenjem što više veza oblikom.

Većina kontejnera za prijevoz robe izrađena je od kvalitetnog Cor-Ten čelika koji je otporan na atmosferske uvjete te ima izrazito veliku otpornost koroziji. Važno je napomenuti da se limovi od te vrste čelika koriste bez potrebe za dodatnom površinskom obradom, te nikakvo bojanje nije potrebo. Na taj način izbjegavaju se štetna zagađenja zbog učestalog bojanja ili prevelike investicije u popravke tijekom životnog vijeka proizvoda. Standardni uredski kontejneri upravo zbog svoje potrebe za ugodnom vanjštinom ne podliježu ovom pravilu, te se rade od običnih čeličnih pocinčanih limova sa izolacijom od mineralne vune ili poliuretana, dok je konstrukcija od bojanih čeličnih profila.

#### 4. KONTEJNERI KAO KONCEPT STANOVANJA

Kontejneri kao koncept stanovanja zaživjeli su u Londonu početkom 2000-te godine. Tada je organizacija „Urban Space Management“ osmislila projekt pod nazivom Container City. Cilj projekta je bio iskoristiti stare kontejnere kao jednostavan, brz i efikasan način gradnje. Prvi kontejnerski grad završen je za samo 4 dana. Za taj projekt koristilo se 20 kontejnera od kojih su izveli 15 životnih i radnih jedinica.



**Slika 5. Prvi kontejnerski grad u Londonu**

Treba napomenuti da se za izradu različitih stambenih objekata mogu koristiti i obični otpadni kontejneri koji se mogu izolirati vunom te na taj način dobiti građevine s odličnim izolacijskim svojstvima. Prema poznatim cijenama građevinskog materijala i pripreme zemljišta izračunato je da je cijena kontejnerske kuće 6 puta jeftinija nego cijena standardne zidane kuće. Cijena održavanja također je niža nego kod standardnih zidanih kuća. Mogućnost brze montaže jedna je od glavnih prednosti ovog načina gradnje. Svi potrebni izrezi, adaptacija itd. mogu se izvesti prije, a na mjestu ugradnje se kontejneri samo slažu i tvore stambene prostore. Mogućnost kombiniranja kontejnera i oblika praktički je proizvoljna, te se mogućnosti bezbrojne. Treba napomenuti da je ekološki utjecaj puno manji nego kod standardnih kuća. Količina betona potrebna za podlogu višestruko je manja nego kod zidanih kuća, zagađenost bukom gotovo da i ne postoji pošto se gradnja sastoji samo od brze konstrukcije, dostave i montaže. Neki kontejneri imaju ugrađenu mogućnost prirodne ventilacije što eliminira potrebu za klima uređajima, a standardno velika količina prozora smanjuje potrebu za umjetnim svjetlom. Možda i najveća prednost kontejnerskih građevina je mogućnost preseljenja kada više nema potrebe za objektom na određenoj lokaciji.

U današnje vrijeme postoji sve veća težnja ovom načinu gradnje. Gledajući kakve sve građevine su izgrađene od različitih tipova kontejnera ostao sam ugodno iznenađen. To nisu samo grube, jednostavne građevine, već uistinu predivni objekti vrijedni divljenja. Smatram da će ovaj način gradnje u skoroj budućnosti biti još i više populariziran te da ćemo uskoro i u našoj okolini gledati slične građevine.

#### 4.1. Redondo Beach House

Ova je kuća napravljena od 8 kontejnera, a postavljena je na 3 etaže. Kuća je građena za mladi bračni par koji je veliku sumu novca izdvojio da bi kupio samo mjesto za gradnju. Pošto nakon kupnje zemljišta nisu imali novca za standardnu zidanu kuću odlučili su za kuću od kontejnera. Cijena kuće izašla je duplo niža od cijene kuća u susjedstvu. Kontejneri su rezani pod različitim kutovima da bi investitori dobili željeni dizajn, a sve je moralo biti u bijeloj boji. Kuća ima čak i bazen koji je napravljen od kontejnera. Vrh kontejnera je odrezan a ostatak je zakopan da bi se mogao završiti bazen. Kuća je izgrađena 2006 godine.



**Slika 6. Redondo Beach House**



#### 4.2. Visoka poslovna škola B.A. Krčelić

Iako se trenutno u Hrvatskoj ne možemo baš pohvaliti sa proizvodnim pogonima koji su u nekakvim svjetskim, europskim razmjerima prepoznati kao lideri na tržištu, što se tiče proizvodnje kontejnera možemo se složiti da jedna tvrtka zauzima vrlo visoko mjesto. Tvrtka Jedinstvo d.d. iz Krapine zapošljava oko 700 radnika te se može pohvaliti da su njezini kontejneri montirani po cijeloj Europi, a čak je i međunarodna istraživačka postaja na Antarktiku izgrađena od njihovim kontejnera.

Novitet u građenju prepoznali su investitori u Zaprešiću i odlučili novi studentski kompleks izgraditi od kontejnera. Ukupna površina iznosi više od 1000 m<sup>2</sup> na dvije etaže. Kontejneri su bili dimenzija 9000x3000x3100 mm, a ukupno ih se ugradilo 36 komada. Proizvođač i izvođač radova bila je tvrtka Jedinstvo. Cijena gradnje iznosila je oko 400 €/m<sup>2</sup>. Ukoliko više neće biti potrebe za ovog vrstom građevine, kontejneri se mogu vratiti na zadovoljstvo i kupca i proizvođača.



Slika 7. Visoka poslovna škola u Zaprešiću

## 5. HRVATSKO ZAKONODAVSTVO PRIMIJENJENO NA KONTEJNERSKE GRAĐEVINE

Da bismo što bolje shvatili pretpostavke bitne za razvoj sklopivog stambenog kontejnera, morali smo provjeriti zakone i odredbe koje propisuje Republika Hrvatska, a odnose se na uporabu i postavljanje te propisane energetske certifikate.

Gledajući zakone i razgovarajući s kolegama sa Pravnog fakulteta došao sam do zaključka da su mnoge stvari još uvijek nedorečene. Na kraju ispada da postavljanje stambenih kontejnera na česticu nije ni zabranjeno, a ni dozvoljeno, te bi zakoni i prostorni planovi trebali biti bolje definirani. U sljedećim odlomcima pokušat ću prikazati neke od zakona koje se direktno ili indirektno odnose na stambene kontejnere.

Zakon o gradnji, Članak 60. govori da se bez građevinske dozvole, ali uz prethodno ishodaenje lokacijske dozvole mogu graditi:

- pomoćne građevine razvijene građevinske (bruto) površine do 50 m<sup>2</sup> i visine sljemena do 4 m, koje se grade na građevnoj čestici stambene zgrade ili obiteljske kuće za koju je izdana građevna dozvola.
- gospodarske građevine razvijene građevinske (bruto) površine do 100 m<sup>2</sup>, širine 6 m i visine vijenca do 4 m, namijenjene isključivo za poljoprivrednu djelatnost.

Prema ovome zakonu ako imamo izgrađenu kuću za koju je izdana građevinska dozvola, te su pribavljeni svi potrebni papiri, možemo bez ikakvih problem postaviti stambene kontejnere te od njih načiniti objekt bruto površine 50 m<sup>2</sup>. Za taj objekt trebali bismo bez problema dobiti i mogućnost priključka na vodovodnu mrežu, kanalizaciju itd. Ukoliko uzmemo u obzir da su dimenzije kontejnera 6058\*2438 mm dolazimo da podatke da možemo po širini naslagati 3 kontejnera, a ukoliko napravimo neke preinake, po visini mogu biti 2 kontejnera, gdje dolazimo do brojke od ukupno 6 kontejnera.

Ukoliko gledamo stambene kontejnere kao pokretni objekt, mogućnost i broj postavljanja ovisi direktno o lokalnoj samoupravi, tj. o uvjetima koje propisuje grad ili općina. Prema ovim zakonima mi bismo mogli bez problema postaviti kontejnere na vlastitu parcelu pošto se kontejner ne klasificira kao građevina. Ali, ukoliko bismo krenuli spajati više kontejnera, trebat ćemo i temelje i priključke i zapravo bismo stvorili montažnu kuću. Za montažnu kuću treba nam rješenje o uvjetima gradnje koje možemo dobiti na temelju idejnog projekta kao i za svaku drugu građevinu.

Ukoliko pogledamo Zakon o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama, članak 6, stavka 33 propisuje da se ne može ozakoniti zgrada koja je izgrađena kao sklop trajno povezan s tlom (kamp-kućica, kontejner), odnosno na način i od materijala kojima se ne osigurava dugotrajnost i sigurnost korištenja.

Na stranicama Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja pak piše da montažni objekti uopće ne spadaju pod Zakon o građenju, i da oni uopće nemaju nikakvu odgovornost, već o građenju i sudbini takvih objekata odlučuje jedino komunalni red općine i gradova.

### **5.1. Energetsko certificiranje kontejnera i modularnih objekata napravljenih od zasebnih stambenih jedinica**



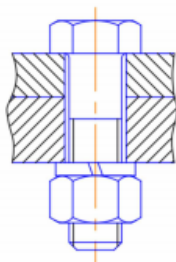
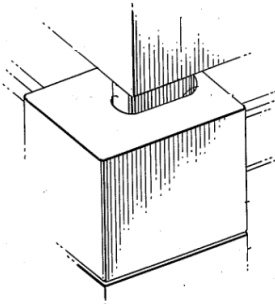

Zakon o gradnji – Članak 23. Energetski certifikati zgrade, govori da:






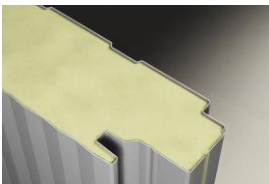

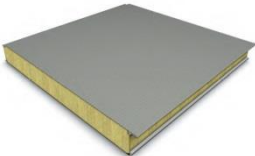
- Energetski certifikat izdaje se za zgradu, odnosno njezin poseban dio za koji je potrebno koristiti energiju za održavanje unutarnje projektne temperature u skladu s njezinom namjenom, osim za zgradu koja ima rok uporabe dvije godine i manje, za zgradu namijenjenu održavanju vjerskih obreda, za zgradu ukupne korisne površine manje od 50 m<sup>2</sup> te industrijske zgrade, radionice i nestambene poljoprivredne zgrade s malim energetskim potrebama.

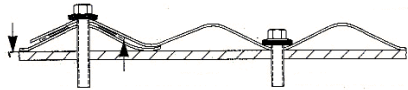
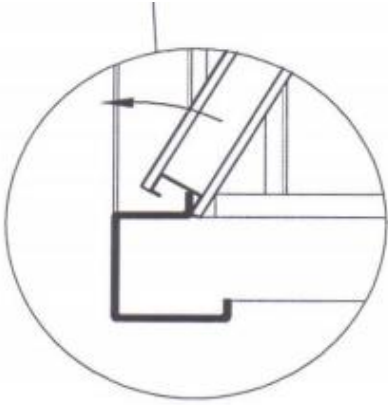


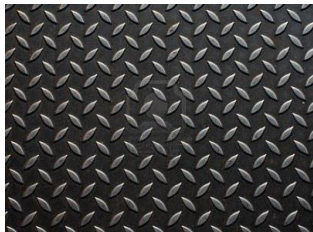


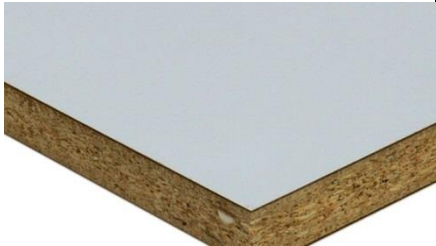

Prema ovom zakonu kontejner kao zasebna jedinica ne podliježe nikakvom potrebnom energetskom certifikatu.

## 6. GENERIRANJE KONCEPATA

Morfološka matrica nam služi za generiranje koncepata, gdje se za pojedine funkcije odabiru određena rješenja. Svakim prolaskom kroz morfološku matricu u mogućnosti smo generirati po jedan koncept.

<i>Br.</i>	<i>PARCIJALNA FUNKCIJA</i>	<i>PRINCIPI I RJEŠENJA</i>		
1	Pozicioniranje kontejnera omogućiti	Nauglica		
		Lijevana izvedba	Zavarena izvedba	
				
2	Vertikalni spoj omogućiti	Vijak + matica	Veza oblikom	Zavareni spoj
				
3	Fiksne stranice omogućiti	Preklop bočnih stranica	Preklop prednjih stranica	Fiksne stranice

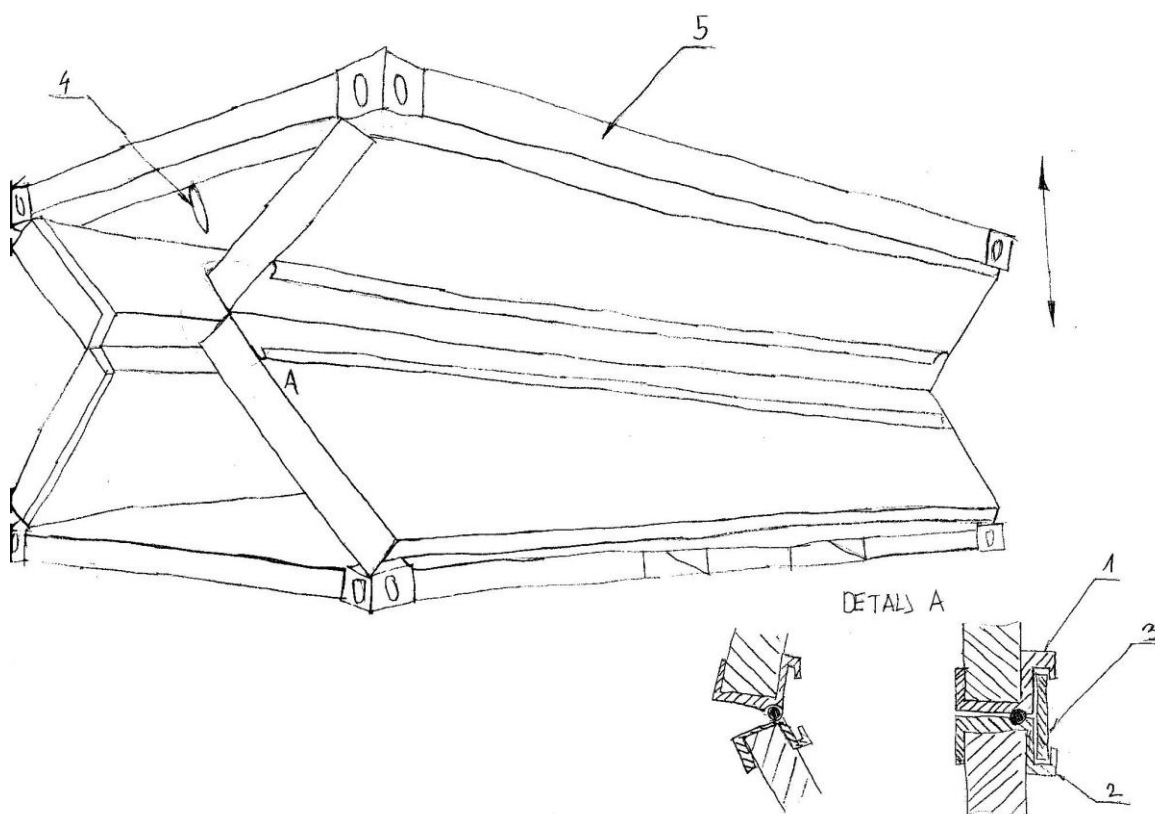
				
4	Vertikalnu vezu omogućiti	Spoj cijevima		Spoj profilima
				
5	Izolaciju kontejnera omogućiti	Poliuretan	Stiropor	Mineralna vuna
				
6		Vijcima		Prihvat oblikom

	Prihvat izolacije omogućiti			
7	Pod kontejnera omogućiti	Daske 	Iverica 	Rebrosuza lim 
8	Stabilnost poda i krova omogućiti	Drvene ukrute 		U profili 
9	Ugodnu vanjštinu zidova i stropa omogućiti	Iverica (bijela) 		Knauf 

## 6.1. Koncepti

Iz morfološke matrice generirano je nekoliko vrsta koncepata. Koncepti su prikazani pojednostavljeno pošto u ovom dijelu razvijanja proizvoda još uvijek nije bilo potrebno uključiti sve funkcije. Kada se odabere najbolji koncept koji će se razrađivati, uvođit će se i ostale funkcije. Pregledom postojećih rješenja na tržištu stječe se dojam da skoro svi poznatiji proizvođači koriste iste, odnosno slične principe. Vertikalni stupovi se za nauglice vežu principom vijka i matice, dok su nauglice većinom lijevane izvedbe. Izolacija je većinom od poliuretana pošto je on jeftiniji od mineralne vune, a svojstva su im približno jednaka.

### 6.1.1. Koncept 1



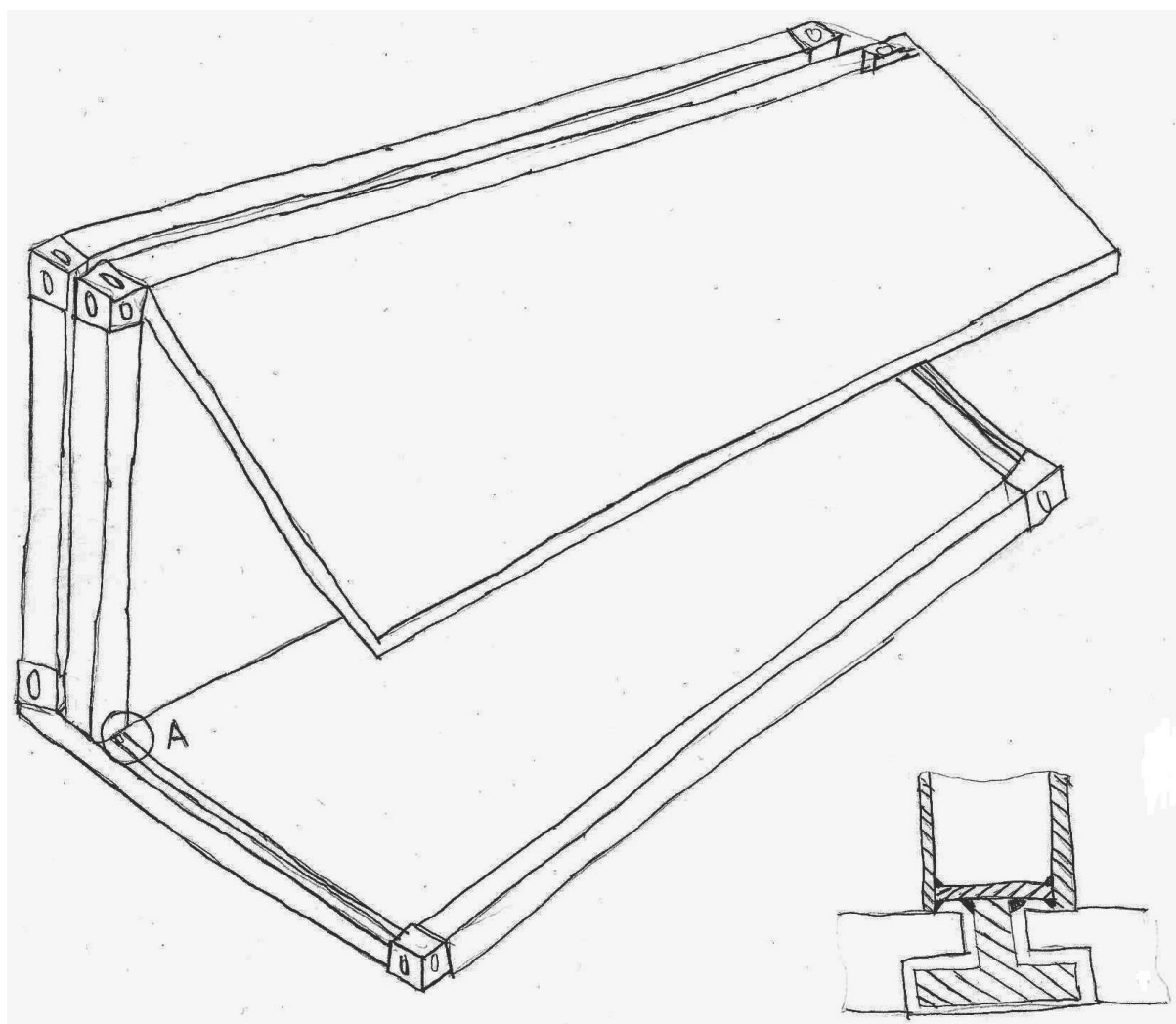
**Slika 8. Koncept 1**

Prvi koncept napravljen je sa sklopivim duljim zidovima i fiksnim kraćim zidovima. Zidovi se sklapaju na principu panta i predstavljaju inovativan pogled kod razvijanja sklopivih stambenih kontejnera. Vertikalni stupovi i izolacije na zidovima vijcima su pričvršćeni za krov, odnosno pod, te nakon rasklapanja kontejnera nema potrebe za nikakvim dodatnim radnjama. Kada kontejner dođe na mjesto koje je predviđeno za instalaciju, dizalicom se jednostavno dignu krov, a zidovi se tijekom podizanja automatski izravnavaju. Nakon izravnavanja pločom se osiguraju panti od ponovnog vraćanja u sklopljeni položaj što je

prikazano na detalju A. Pozicije 1. i 2. predstavljaju škaru u koje bi se nakon izravnavanja jednostavno gurnula ploča (poz.3) i sustav bi dobio na krutosti. Ploča bi također služila i kao dodatno sredstvo izolacije na mjestima pregiba. U krovu (poz. 5) bi se nalazile kraće bočne stranice. Princip vezivanja bio bi isti kao i na rolu ili sekcijskim garažnim vratima. Vrata bi bila vezana komadom užeta ili tkanine (poz.4) te bi se nakon što se fiksiraju dulje bočne stranice jednostavno spustila prema dolje te bismo dobili zatvoreni kontejner.

Iako je ovaj koncept izgledom atraktivan ipak ima i mnoge nedostatke. Zbog komplicirane proizvodnje cijena bi mu sigurno bila puno viša nego kod konkurencije, a kompliciranost izvedbe osim zanimljivog i inovativnog izgleda ne bi doprinijela nikakvoj prednosti osim u brzini sklapanja i rasklapanja. Pošto je to prvenstveno stambeni kontejner, više vremena je potrebno posvetiti kvalitetnoj izolaciji građevine i izbjegavanju toplinskih mostova, što u slučaju s preklapanjem stranica nije moguće. Na mjestima preklopa uvijek će dolaziti do slabijih mehaničkih i toplinskih svojstava, a svako dodatno osiguranje, odnosno izolacija nepotrebno poskupljuje proizvod. Smatram da bi ovakav tip kontejnera svoju višu početnu cijenu i kompliciranost izvedbe mogao višestruko opravdati jedino kao teretni kontejner. Iako se kod prijevoza robe uvijek traži način da se kontejner nikad ne vraća prazan, često to nije slučaj, posebice kod istočnih zemalja koje puno više izvoze nego uvoze. Ovakav tip kontejnera uštedio bi mnogo novaca a i mjesta na velikim prekoceanskim brodovima.



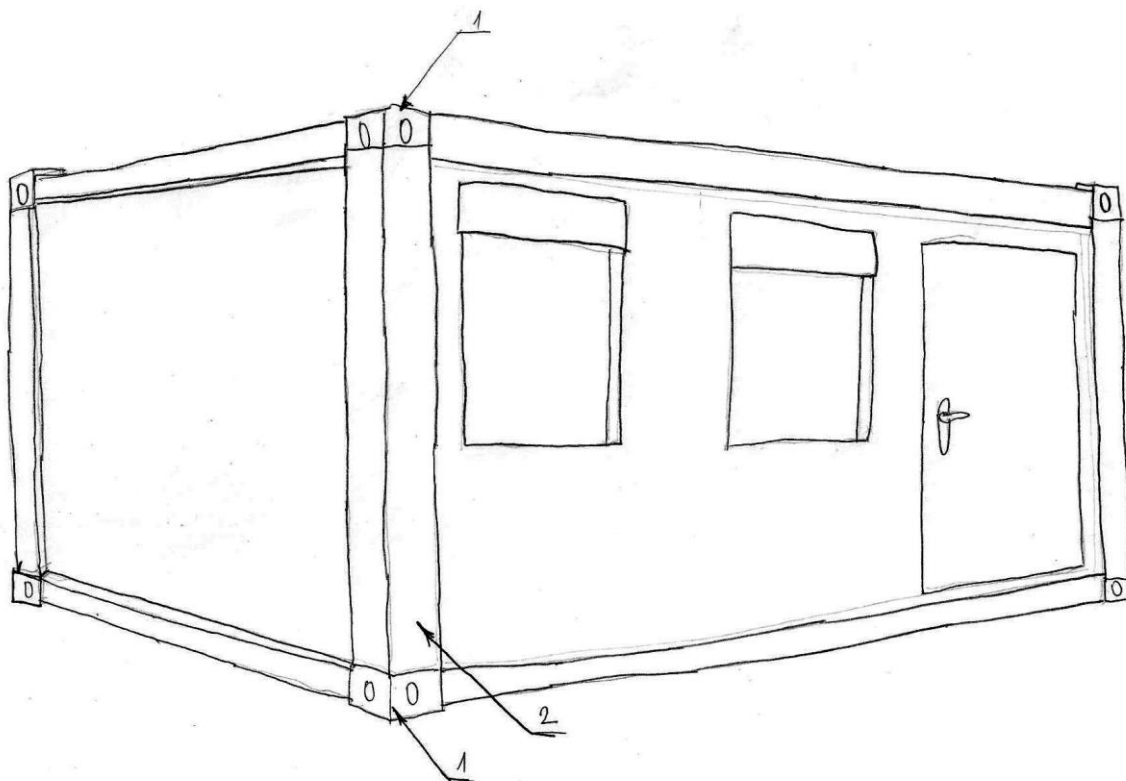
**6.1.2. Koncept 2****Slika 9. Koncept 2**

Pošto smo već ranije zaključili da su vertikalni stupovi koji povezuju krov i pod s nauglicama najvažniji dijelovi kontejnera, trebalo je izmisliti neki koncept koji će ove dijelove ostaviti netaknute, ta na njima neće dolaziti do nikakvog preklapanja odnosno savijanja. Ideja je razvijena na principu da kontejner ima klizače te da se zidovi mogu približiti jedan drugome, a krov i pod nakon preklapanja tvore zatvorenu konstrukciju. Krov i pod preklapali bi se na isti način kao i zidovi kod koncepta 1. Jedan dulji zid i sklop s krovom ostaju u potpunosti netaknuti. Sila kojom bi trebali pogurnuti zid bi trebao izvoditi neki stroj tipa viljuškar ili bager, te bi postojala mogućnost da dođe do uništavanja, odnosno udubljenja dijelova zida.

Konstrukcija bi sama po sebi bila još kompliciranija nego kod koncepta 1 te bi to dovelo do još većeg poskupljenja proizvoda. Vertikalni stupovi su napravljeni bez prekida te su zavareni za nauglice, dok bi druga dva stupa bila vezana oblikom kako je prikazano na detalju A. Taj oblik bi u isto vrijeme služio i kao klizač, i kao osiguranje kod dizanja tereta. Velika

nepoznanica bi bila i stabilnost konstrukcije kada bi se zidovi međusobno približavali jedan drugome te bi vjerojatno kontejner trebalo nasloniti na neki nepomični objekt ili ga osigurati od pomicanja na neki drugi način.

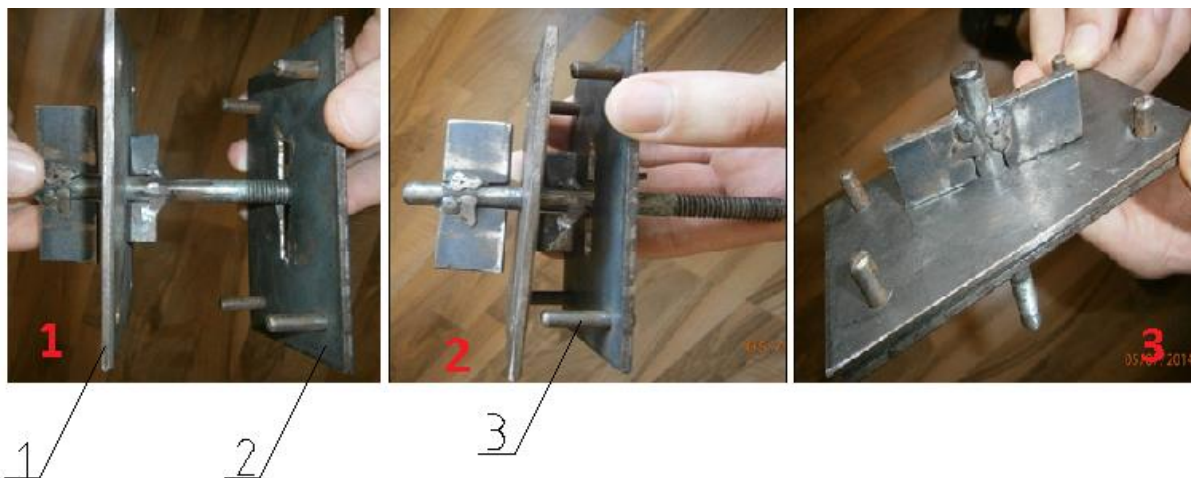
### 6.1.3. Koncept 3



**Slika 10. Koncept 3**

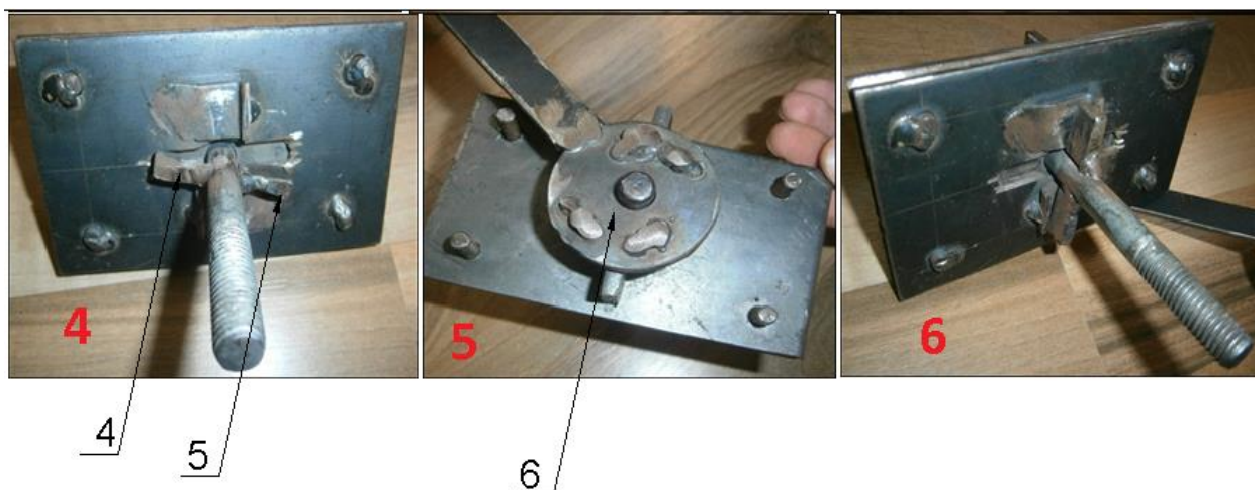
Koncept je najbliži trenutno postojećim uređajima na tržištu. Glavne ideje kod razvoja koncepta bile su kako olakšati montažu korištenjem što više veza oblikom, vezivanja panela kontinuirano profilima, a ne vijcima, izbjegavanja toplinskih mostova itd. Na slikama je prikazan patent kako bi trebao izgledati spoj vertikalne cijevi i nauglice, poz. 1 i poz. 2. Da bi provjerili mogućnost izrade napravljen je jednostavan model te smo na njemu mogli vidjeti točno funkcioniranje. Na slikama su prikazani svi dijelovi koji će se nalaziti i u 3D modelu. Ova ideja se činila najjednostavnijom za proizvesti, a samim time i cijena krajnjeg proizvoda bi bila najniža. Uspješno implementiranje veza oblikom smanjilo bi potrebu za vijcima i mukotrpnom montažom na mjestu instalacije. Od kompliciranijih alata trebali bi samo dizalicu koja bi podigla krov dok se ne namjestu vertikalni stupovi. Pošto se kontejneri često sklapaju na neravnom terenu ponekad je teško spojiti krov sa vertikalnim stupovima. Upravo radi toga u potpunosti bi se koristila veza oblikom koja bi eliminirala takve probleme.

Ukoliko uzmemo u obzir da je potrebno zavrnuti najmanje 24 matice vidimo da su uštede na vremenu i obujmu posla moguće.



**Slika 11. Sklop nauglice i vertikalne cijevi**

Na slici 1. prikazan je način sklapanja donjeg, odnosno gornjeg dijela vertikalnog stupa (poz.1) sa gornjim dijelom nauglice (poz.2.). Vertikalni stup na sebi ima sklop poluga koje točno ulaze kroz rupu na nauglici.. Na slici 2 prikazani su zatici koji su zavareni na gornju ploču nauglice te služe za točno pozicioniranje gornjeg i donjeg dijela, te onemogućuje bilo kakve horizontalne pomake stupa. Slika 3 prikazuje sklopljeni sustav.



**Slika 12. "Zaključana" verzija**

Slika 4 prikazuje sklop vertikalnog stupa i gornjeg dijela nauglice gledano od poda. Na slici se vidi da pera (poz.4) još uvijek nisu u konusnom zahvatu sa fiksiranim konusom na gornjoj ploči nauglice. Slika 5 prikazuje ključ (poz.6) koji služi za okretanje gornjih pera da bismo mogli dobiti konusni zahvat kako je prikazano na slici 6. Na taj način vertikalni stup i nauglica su u potpunosti osigurani te tvore stabilnu cjelinu.

#### 6.1.4. Koncept 4

Koncept 4 izgledom je sličan konceptu pod brojem 3, razlika je samo u načini fiksiranja i izgledu vertikalnih stupova. U ovom slučaju vertikalni stupovi bili bi na teleskopsko izvlačenje. Kontejner bi u sklopljenoj verziji bio pozicioniran na prvi član. Na taj način ne trebaju nam ni novi vertikalni nosači za sklopljenu verziju. Nakon što bi se izvadio klin, tijekom dizanja došlo bi do širenja vertikalnih stupova i pozicioniranja kontejnera. Stupovi bi se na mjestima prijelaza osigurali i dobili bismo stabilnu konstrukciju.

#### 6.2. Vrednovanje koncepata

U tablici su pobrojane karakteristike koje najviše utječu na konačan odabir proizvoda. Ovisno o broju plusova, odnosno minusa, odabran je najpovoljniji koncept.

**Tabela 3. Vrednovanje koncepata**

Kriteriji	Naziv koncepta			
	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3	Koncept 4
Kompliciranost izrade dijelova	--	--	++	+/-
Jednostavnost ugradnje	-	-	+	++
Održavanje	--	--	++	+
Trajnost	--	-	++	--
Potreba za što manje dodatnih alata tijekom instalacije	++	++	+/-	+

Vrijeme montaže	++	++	--	+/-
Cijena	--	--	++	++
<b>Ukupno</b>	-----	----	+++++++	++++

Kriterij „kompliciranost izrade dijelova“ predstavlja način na koji se strukturni dijelovi proizvode i koliko je vremena i resursa potrebno dok ne dobijemo zadovoljavajući oblik. Iako su izgledom koncepti 1 i 2 najatraktivniji, te takvih kontejnera nema tržištu, za njihovu proizvodnju potrebno je mnogo kompliciranih dijelova koji poskupljuju proizvodnju. Koncepti pod brojevima 3 i 4 imaju mnogo jednostavnije dijelove koje je puno lakše proizvesti.

Kriterij „jednostavnost ugradnje“ odnosi se na vrijeme koje je potrebno da bi se kontejner u tvornici uspješno sastavio na razinu kojom se može transportirati na predviđenu lokaciju. U ovo razmatranje uključeno je vrijeme proizvodnje stranica, krova i podova.

Kriterij „održavanje“ odnosi se na predviđene popravke tijekom eksploatacije kontejnera. Koncepti pod brojem 1 i 2 imaju mnogo rotirajućih dijelova, rupe koje su potencijalna žarišta za skupljanje kondenzata, slabiju stabilnost konstrukcije itd. te su to sve dijelovi koji bi mogli imati slabiji vijek trajanja. Pošto je većina tih dijelova već ugrađena u zidne, odnosno krovne panele, sami popravci i zamjene uzrokovali bi velika dodatna ulaganja. Koncepti 3 i 4 imaju odvojene panele od konstrukcije te je i sama zamjena i održavanje puno jednostavnije.

Kriterij „trajnost“ odnosi se na predviđeno vrijeme trajanja proizvoda bez potrebe za dodatnim ulaganjima i popravcima.

Kriterij „potreba za što manje dodatnih alata tijekom instalacije“ odnosi se na sve dodatne uređaje koji su potrebni da bismo iz sklopljenog kontejnera uspješno napravili rasklopljeni stambeni kontejner. Za bilo koji koncept potrebna nam je dizalica. Prvo da kontejner uspješno spustimo sa kamiona, a onda da možemo dići krov i namjestiti zidove. Koncepti pod brojevima 1 i 2 su tu u velikoj prednosti pošto se tijekom dizanja krova odmah dižu i zidovi te smo u mogućnosti za nekoliko minuta imati u potpunosti stabilnu konstrukciju. Kod

konceptata 3 i 4 ovaj postupak traje malo duže pošto je potrebno prvo namjestiti stupove, pa tek onda zidne panele. Sve je to potrebno na neki način pričvrstiti pa to utječe na potrebu za dodatnim vijcima, profilima, bušilicama itd.

Kriterij „vrijeme montaže“ usko je povezan sa brojem potrebnih alata tijekom instalacije. Ukoliko uspijemo smanjiti veliki broj vijčanih veza, sa vezama oblikom, i na konceptima 3 i 4 mogli bi se približiti vremenu koje imaju koncepti 1 i 2.

Kriterij „cijena“ odnosi se na pretpostavljenu vrijednost krajnjeg proizvoda. U većini proizvoda cijena igra odlučujući faktor kod plasiranja proizvoda na tržištu. Iako su koncepti 1 i 2 izgledom vrlo zanimljivi, ne vjerujem da bi uspjeli pronaći svoje mjesto u konkurenciji sa jeftinijim tipovima poput konceptata 3 i 4. Njihova inovativnost jedino u pogledu sklapanja i rasklapanja te vremenu montaže jednostavno ne opravdava višestruko veću početnu cijenu.

### **6.3. Odabir koncepta**

Za daljnje razvijanje odabran je koncept pod brojem 3. Koncept se pokazao kao najjednostavnijim za proizvesti, a i prema jednostavnim kalkulacijama i cijena bi bila najniža od svih konceptata. Dijelovi koji se standardno spajaju vijcima zamijenjeni su vezama oblikom ili sličnim vezama koje eliminiraju kompliciranu montažu. Za izolaciju zidova izabrala se mineralna vuna iz nekoliko razloga. Prvi razlog je njezina podatljivost tijekom slaganja „sendvič“ panela. Pošto su kompaktni sendvič paneli skuplji, mnogo tvrtka se odlučuje na izradu samostalnih panela, a tu se mineralna vuna pokazala kao bolje rješenje. Trapezno profilirani limovi se prodaju puno jeftinije te je moguće ručno složiti sendvič panele, tzv. slagani sendvič panel. Na taj način u potpunosti smo eliminirali potrebu za skupom izolacijom. Jedna od velikih prednosti mineralne vune je i to da ima protupožarna svojstva te je mnogo lakše dobiti potrebne certifikate za protupožarnost građevine, odnosno kontejnera. Ostali relevantni podaci bit će odabrani tijekom razrede koncepta.

## 7. PRORAČUN

Iako su stambeni kontejneri već duže vrijeme na tržištu, još uvijek je teško pronaći neka referentna opterećenja, odnosno standard sličan ISO 1496 koji postoji za kontejnere za prijevoz robe. Za kontejnere za prijevoz robe postoje točno određene sile kojima se mogu opteretiti kontejneri, broj kontejnera koji se mogu naslagati jedan na drugoga, maksimalna masa tereta, uređaji kojima se mogu dizati, te čak i testovi koji se moraju poduzeti prije puštanja kontejnera u rad. Nažalost, za stambene kontejnere nisam uspio pronaći takve podatke, a kad bismo pokušali standard kontejnera za prijevoz robe primijeniti i na stambene kontejnere dobili bismo uvelike predimenzionirane konstrukcije. U tabeli se nalaze neke od veličine koja se odnose na kontejnere za prijevoz robe. Kao što se iz priloženog može vidjeti, veličine su jednostavno prevelike za primjenu na našem problemu te smo morali naći neki drugi izvor podataka iz kojeg bi mogli dobiti točne podatke.

**Tabela 4. Karakteristike kontejnera za prijevoz robe**

Karakteristika	Vrijednost
Maksimalni broj naslaganih kontejnera pod punim opterećenjem	9 kom.
Maksimalna masa pojedinačnog kontejnera	24 000 kg
Vrijednost na koju se testiraju nauglice	86400 kg
Vrijednost na koju se testiraju vertikalni stupovi	86400 kg

Da bismo dobili vrijednosti s kojima ulazimo u proračun poslužili smo se sa normama koje se odnose na građevine, tzv. mjerodavna djelovanja. Pošto je kontejner ipak građevina, trebalo mu je pristupiti sa građevinskog stajališta. Europska norma EN 1991-1-1 govori o djelovanju vlastite težine objekta sa dodatnim uporabnim opterećenjima. U ovoj normi vlastita težina građevinskih elemenata tretira se kao stalno i nepomično djelovanje, te se u nju ubraja i težina strojeva, opreme, izolacije i ostalih dijelova koji se nalaze u građevini. Za ova opterećenja smatra se da će na konstrukciju djelovati u cijelom vijeku trajanja te da će njihova vrijednost biti konstantna. Označavaju se velikim slovom „G“.

Uporabna opterećenja proizlaze iz samog korištenja i uglavnom se modeliraju kao jednoliko raspoređena opterećenja. Ova opterećenja isto djeluju na konstrukciju cijelo vrijeme trajanja, ali se zna da će imati promjenu intenziteta tijekom vremena. Prema namjeni opterećenja dijele se u 5 osnovnih razreda.

**Tabela 5. Razredi prema namjeni opterećenja**

<b>Razred površine</b>	<b>Namjena prostorije</b>
A	Stambene prostorije, odjeljenja u bolnicama, hotelske sobe
B	Uredi
C	Površine na kojima je moguće okupljanje ljudi
D	Prodajne površine
E	Površine s mogućnosti gomilanja robe i stvari

Ukoliko uzmemo određeni faktor sigurnosti i umjesto klasifikacije kontejnera kao stambene prostorije, uzmemo u obzir da će se on više ponašati kao uredska prostorija, iz tablice očitamo vrijednost od 2 do  $3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  za opterećenje na pod kontejnera.

Pošto su ovo tek opterećenja na pod samo jednog kontejnera, da bismo dobili točna opterećenja na vertikalne stupove i nauglice morali smo predvidjeti koliko se maksimalno kontejnera može naslagati vertikalno u zrak kada se tvori modularni objekt, zgrada. Za kontejnere za prijevoz robe ta vrijednost je standardizirana i iznosi ukupno 9 kontejnera, točnije, na jedan kontejner se može naslagati 8 punih. Nažalost, proizvođači stambenih kontejnera ne govore o tim podacima već se na promidžbenim listićima samo može naći da se za „specijalne potrebe mogu izgraditi robusniji i čvršći kontejneri“. Gledajući projekte na stranicama proizvođača došao sam do zaključka da se kod gradnje modularnih objekata većinom vertikalno slažu 3 kontejnera. Normalno, svaki objekt je zgrada sama za sebe, te postoji i mnogo objekata koji su napravljeni samo od spojenih kontejnera, bez ikakvog vertikalnog slaganja. Za potrebe našeg proračuna pretpostavili smo da radimo model od 3 vertikalno složena kontejnera. Na taj način dobit ćemo maksimalne sile, te ćemo biti sigurni da se kontejner može postavljati i na druge načine pošto je zadovoljio najopterećeniji primjer. Na slici 13. nalazi se primjer modularnog objekta izgrađenog u Austriji, točnije u Beču. Objekt je u potpunosti izgradila tvrtka Jedinstvo d.d iz Krapine. Objekt je izgrađen od 165



modularnih jedinica(kontejnera), a na slici se može vidjeti kako je od jednostavnih kontejnera nastala zgrada. Ovo je isto jedan od primjera gdje su vertikalno slagane 3 jedinice.



**Slika 13. Modularni objekt "Wiener Netze " u Beču**

### **7.1. Pretpostavljena masa i opterećenja**

Da bismo uspjeli točno izračunati opterećenja na konstrukciju morali smo pretpostaviti ukupnu masu kontejnera, koju ćemo po potrebi korigirati nakon izrade modela i provesti proračun ponovno. Jedini način na koji smo prije same izrade modela mogli dobiti masu kontejnera je taj da jednostavno pogledamo eminentne proizvođače i kolika je masa njihovih kontejnera. Za daljnji proračun odabrana je vrijednost od 2000 kg na cjelokupni kontejner. Pošto su referentne veličine na kontejneru kilogrami i mi smo izveli proračun na taj način.

$$R = P + G$$

R- najveća dopuštena masa kontejnera

P- najveća dopuštena masa tereta

G- težina praznog kontejnera

Za vrijednost opterećenja poda konstrukcije odabrali smo vrijednost od  $3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  projicirano kao

opterećenje po cijelom podu kontejnera. Pošto su nam poznate vanjske dimenzije kontejnera oduzeli smo vrijednost širine zidova da bismo dobili unutarnje mjere kontejnera.

$$6058-160-160=5738\text{mm}$$

$$2438-160-160=2118\text{mm}$$

$$A=5.738\text{m} \cdot 2.118\text{m}=12.15\text{m}^2$$

Ukupno opterećenje za izračunatu površinu iznosi:

$$P = 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 12.15 \text{m}^2 = 36.45 \text{kN} \approx 3645 \text{kg}$$

$$R = P + G$$

$$= 3645 + 2000$$

$$= 5645 \text{kg}$$

Izračunata masa je maksimalna moguća masa jednog kontejnera. Ukoliko masu usporedimo sa 24000 kg koliko je dopuštena masa kontejnera za prijevoz robe, vidimo da je razlika poprilična. Ukupnu masu modularnog objekta dobijemo množenjem mase kontejnera dva puta pošto smo u početnoj pretpostavci uzeli da je maksimalna visina slaganja objekta tri kontejnera vertikalno. Pošto vertikalni stupovi najnižeg kontejnera ne nose teret najnižeg kontejnera u kalkulaciju smo uključili samo polovicu njegove ukupne mase.

$$m_{\text{uk}} = 5645 + 5645 + 1000 = 12290 \text{kg}$$

$$m_{\text{uk}} = 12290 \cdot 1.8 = 22122 \text{kg}$$

Opterećenje po jednom stupu:  $\frac{22122}{4} \approx 5530 \text{kg}$  po jednom vertikalnom stupu.

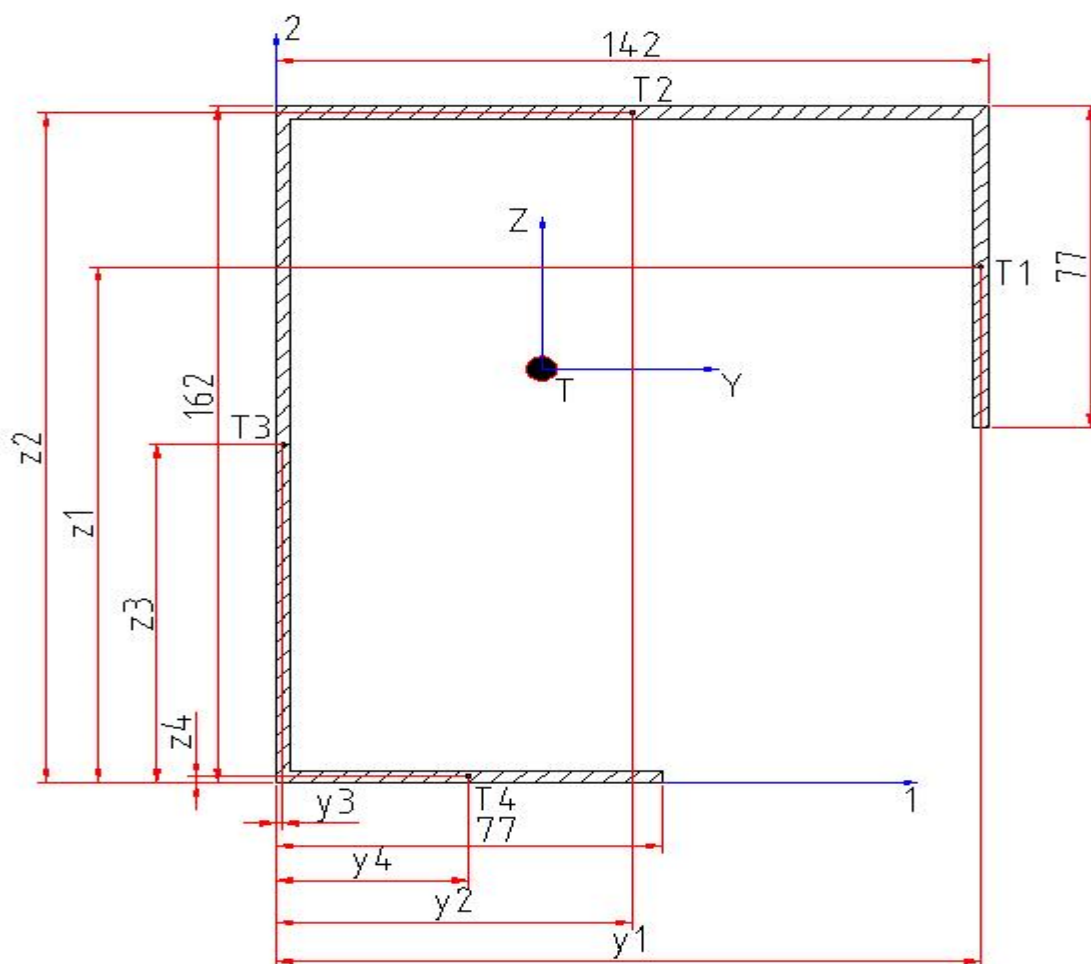
$$F = m \cdot a = 5530 \text{kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 54250 \text{N} = 54.25 \text{kN}$$

## 7.2. Odabir geometrije i dimenzija vertikalnog stupa

Do popuštanja vertikalnih stupova dolazi kod opterećenja od  $360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ , što je granica tečenja čelika kvalitete S355. Da bismo dobili minimalni presjek vertikalnog stupa poslužili smo se jednostavnom formulom:

$$A = \frac{F_{\text{ukup}}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{54250 \text{ N}}{360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 151 \text{ mm}^2$$

Iz ovog uvjeta iznosi da je minimalni presjek od  $151 \text{ mm}^2$  dostatan da vertikalni stup ne uđe u područje plastičnih deformacija. Zbog izgleda, osiguranja dijela za bravljenje, faktora sigurnosti, te mogućnosti da stup može zatvoriti zidove od panela izabran je presjek kao na slici ispod.



Slika 14. Poprečni presjek vertikalnog stupa

### 7.2.1. Proračun odabrane geometrije stupa

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 = A_4 = 77 \cdot 3 = 231 \text{ mm}^2 \\ A_2 = 139 \cdot 3 = 408 \text{ mm}^2 \\ A_3 = 156 \cdot 3 = 468 \text{ mm}^2 \end{array} \right\} A_{\text{ukup}} = 231 + 231 + 408 + 468 = 1338 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 142 - 1.5 = 140.5 \text{ mm}$$

$$z_1 = 162 - \frac{77}{2} = 123.5 \text{ mm}$$

$$y_2 = \frac{142}{2} = 71 \text{ mm}$$

$$z_2 = 162 - \frac{3}{2} = 160.5 \text{ mm}$$

$$y_3 = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ mm}$$

$$z_3 = \frac{162}{2} = 81 \text{ mm}$$

$$y_4 = \frac{7.7}{2} = 38.5 \text{ mm}$$

$$z_4 = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ mm}$$

$$y_s = \frac{y_1 \cdot A_1 + y_2 \cdot A_2 + y_3 \cdot A_3 + y_4 \cdot A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} = \frac{140.5 \cdot 231 + 71 \cdot 408 + 1.5 \cdot 468 + 38.5 \cdot 231}{231 + 408 + 468 + 231} = 53 \text{ mm}$$

$$z_s = \frac{z_1 \cdot A_1 + z_2 \cdot A_2 + z_3 \cdot A_3 + z_4 \cdot A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} = \frac{123.5 \cdot 231 + 160.5 \cdot 408 + 81 \cdot 468 + 1.5 \cdot 231}{1338} = 99 \text{ mm}$$

Za izračun aksijalnih momenta tromosti poslužili smo se Steinerovim pravilom:

$$I_1 = \sum I_y + a^2 \cdot A$$

$$I_2 = \sum I_z + b^2 \cdot A$$

$$I_{y1} = \frac{3 \cdot 77^3}{12} = 114133 \text{ mm}^4$$

$$I_{z1} = \frac{77 \cdot 3^3}{12} = 173 \text{ mm}^4$$

$$I_{y2} = \frac{139 \cdot 3^3}{12} = 313 \text{ mm}^4$$

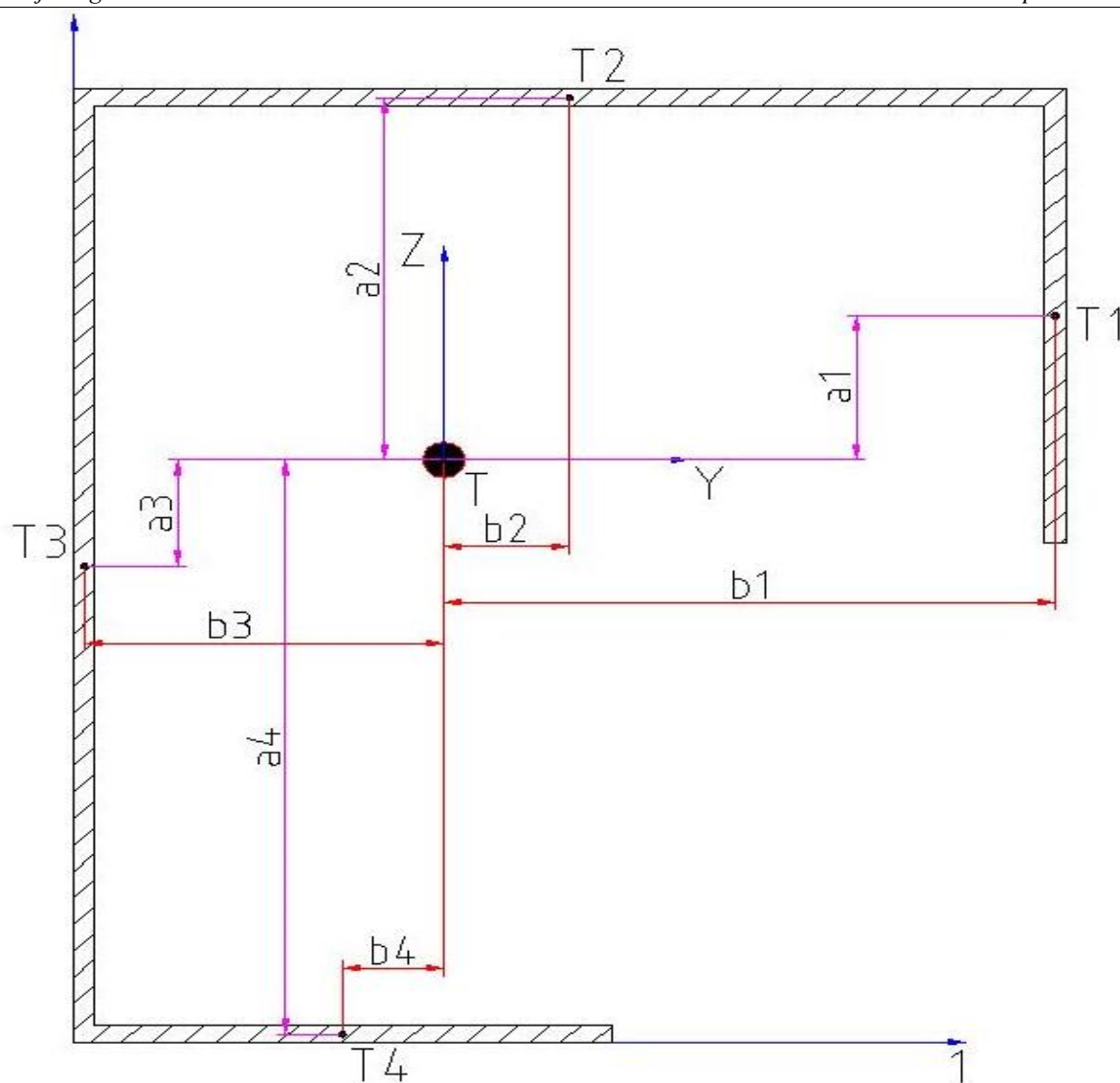
$$I_{z2} = \frac{3 \cdot 139^3}{12} = 671405 \text{ mm}^4$$

$$I_{y3} = \frac{3 \cdot 156^3}{12} = 949104 \text{ mm}^4$$

$$I_{z3} = \frac{156 \cdot 3^3}{12} = 351 \text{ mm}^4$$

$$I_{y4} = \frac{77 \cdot 3^3}{12} = 173 \text{ mm}^4$$

$$I_{z4} = \frac{3 \cdot 77^3}{12} = 114133 \text{ mm}^4$$



Slika 15. Udaljenosti težišta od težišta presjeka

$$a_1 = 162 - 99 - \frac{77}{2} = 24.5 \text{ mm}$$

$$b_1 = 142 - 53 - \frac{3}{2} = 87.5 \text{ mm}$$

$$a_2 = 162 - 99 - \frac{3}{2} = 61.5 \text{ mm}$$

$$b_2 = 142 - 53 - \frac{139}{2} = 19.5 \text{ mm}$$

$$a_3 = 99 - \frac{156}{2} = 21 \text{ mm}$$

$$b_3 = 53 - \frac{3}{2} = 51.5 \text{ mm}$$

$$a_4 = 99 - \frac{3}{2} = 97.5 \text{ mm}$$

$$b_4 = 53 - \frac{77}{2} = 14.5 \text{ mm}$$

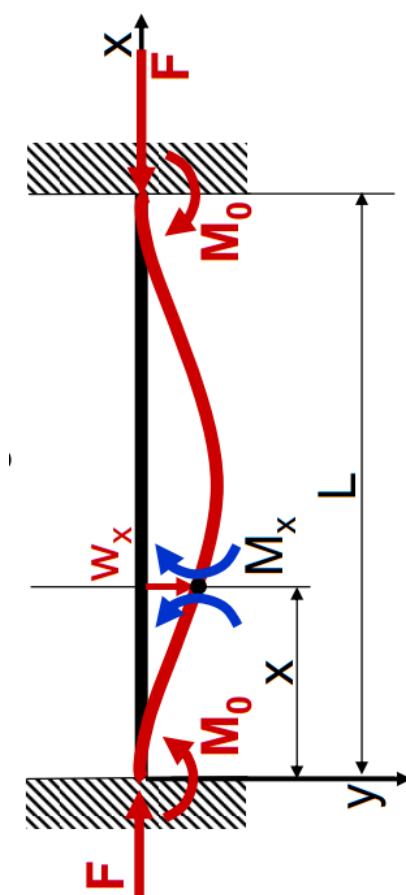
$$\begin{aligned} I_1 &= (I_{y1} + a_1^2 \cdot A_1) + (I_{y2} + a_2^2 \cdot A_2) + (I_{y3} + a_3^2 \cdot A_3) + (I_{y4} + a_4^2 \cdot A_4) \\ &= (114133 + 24.5^2 \cdot 231) + (313 + 61.5^2 \cdot 417) + (949104 + 21^2 \cdot 468) + (173 + 97.5^2 \cdot 231) \\ &= 5181911 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_2 &= (I_{z1} + b_1^2 \cdot A_1) + (I_{z2} + b_2^2 \cdot A_2) + (I_{z3} + b_3^2 \cdot A_3) + (I_{z4} + b_4^2 \cdot A_4) \\
 &= (173 + 87.5^2 \cdot 231) + (671405 + 19.5^2 \cdot 417) + (351 + 51.5^2 \cdot 468) + (114133 + 14.5^2 \cdot 231) = \\
 &= 4003041 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_1 = I_{\max}$$

$$I_2 = I_{\min}$$

Za nastavak proračuna odabran je  $I_2 = I_{\min}$



Slika 16. Tip proračuna na izvijanje

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{(0.5 \cdot L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4003041}{(0.5 \cdot 2320)^2} = 6165852 \text{ N} = 6165.8 \text{ kN}$$

Stvarnu maksimalnu silu kojom možemo opteretiti stup određujemo pomoću faktora sigurnosti  $\nu = 5$  (B.K. str.120) iznosi:

$$F = \frac{F_{kr}}{\nu} = \frac{6165.8 \text{ kN}}{5} = 1233 \text{ kN}$$

Maksimalna sila još je uvijek puno veća od proračunate.

Određivanje kritičnog naprezanja (plastično područje) u trenutku izvijanja:

$$\sigma_{kr} = \frac{F_{kr}}{A} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{L_i^2 \cdot A} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot i_{\min}^2}{L_i^2} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_i}{i_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000}{42.42^2} = 1151.8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} \quad - \text{ minimalni polumjer tromosti presjeka}$$

$$\sqrt{\frac{4003041 \text{ mm}^4}{1338 \text{ mm}^2}} = 54.69 \text{ mm}$$

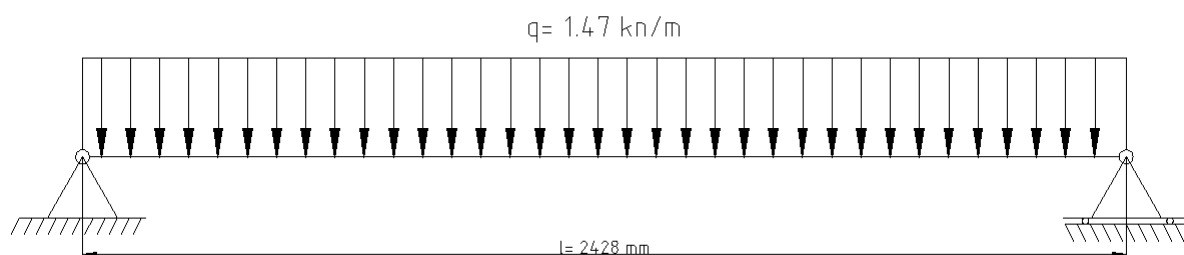
$$\lambda = \frac{L}{i_{\min}} \quad - \text{ Koeficijent vitkosti}$$

$$= \frac{2320}{54.69} = 42.42 < 89$$

Kritično naprezanje je puno veće od proračunatog tako da vertikalni stup zadovoljava!

### 7.3. Proračun poda kontejnera

Kao što je već navedeno za vrijednost opterećenja pada odabrana je vrijednost od  $3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ , prema „HRN ENV 1991-2-1- vlastita težina i uporabno opterećenje“. Pretpostavljeno opterećenje podijeljeno je sa razmakom poprečnih grada te smo dobili vrijednost kontinuiranog opterećenja na jednu poprečnu gredu.



Slika 17. Pretpostavljeno opterećenje na podnu poprečnu gredu

Odabir poprečnih greda

$$q = 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.49 \text{ m} = 1.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 1.47 \cdot 2.428^2 = 1.083 \text{ kNm}$$

$$T = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l = 1.785 \text{ kN}$$

**Odabran U 65**

$$W_x = 17.7 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 57.5 \text{ cm}^4$$

$$A_y = 903 \text{ mm}^2 = 9.03 \text{ cm}^2$$

$$d = 5.5 \text{ mm}$$

**UVJET ČVRSTOĆE:**

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{108.3}{17.7} = 6.11 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 14.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau = \frac{\tau \cdot A_x}{I_y \cdot d} = \frac{1.785 \cdot 9.03 \text{ cm}^2}{57.5 \cdot 0.55} = 0.509 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \tau_{\text{dop}} = 7.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$



## UVJET KRUTOSTI:

$$\text{Dozvoljeni progib } w = \frac{l}{300} = \frac{243.8}{300} = 0.812 \text{ cm}$$

Iz diferencijalne jednadžbe dobije se maksimalna vrijednost progiba:

$$W_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0.0147 \cdot 243.8^4}{21000 \cdot 57.5} = 0.56 \text{ cm}$$

$$q = 1.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0.0147 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

$$W_{\max} = 0.56 \text{ cm} < W = 0.812 \text{ cm}$$

## ZADOVOLJAVA

## 7.4. Proračun krova kontejnera

Opterećenje snijegom definirano je normom HRN EN 1991-1-3 prema „Eurocod 1: Djelovanje na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja- Opterećenja snijegom“. Opterećenje snijegom definirano je na dva načina. Prvi način je karta klimatskih snježnih zona s tablicama koje u pojedinoj zoni definiraju porast karakterističnog opterećenja s visinom te pripadajućom kartom karakterističnog opterećenja snijegom.



Slika 18. Karta karakterističnog opterećenja snijegom

Opterećenje snijegom uz težinu konstrukcije je u našem slučaju najveće opterećenje koje može podnijeti krov kontejnera. Opterećenje snijegom po tlocrtnoj površini krova određuje se iz:

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

$\mu_i$  - koeficijent oblika za opterećenje snijegom (ovisi o obliku krova)

$C_e$  - koeficijent izloženosti (većinom vrijednost 1)

$C_t$  - toplinski koeficijent (većinom vrijednost 1)

$S_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u  $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  (vrijednost po zonama, izabrana zona I, nadmorska visina do 100 m)

$$S = 0.8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 1.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Da bismo mogli točno proračunati opterećenje krova bilo je potrebno pretpostaviti i opterećenja koja nastaju zbog mase samog krova, a u koju su uključeni:

$$\text{Mineralna vuna: } \left\{ \begin{array}{l} \delta = 11 - 45 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \text{debljina izolacije: } 100\text{mm} = 0.1\text{m} \\ \text{površina krova: } 6050 \times 2430 = 14.7\text{m}^2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} V = 14.7\text{m}^2 \cdot 0.1\text{m} = 1.47\text{m}^3 \\ m = 1.47\text{m}^3 \cdot 30 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 44\text{kg} \end{array}$$

$$\text{Trapezni lim: } \left\{ \begin{array}{l} m = 4.85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \\ t = 0.5\text{m, OTP 30 A} = 14.7\text{m}^2 \end{array} \right\} m_{\text{uk}} = 4.85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 14.7\text{m}^2 = 71\text{kg}$$

$$\text{Poprečne grede: } \left\{ \begin{array}{l} \text{pretpostavka } 8\text{kom} \\ m = 10\text{kg} \end{array} \right\} m_{\text{uk}} = 10 \cdot 8 = 80\text{kg}$$

$$\text{Iverica: } \left\{ \begin{array}{l} \delta = 620 - 710 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \square 665 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ A = 14.7\text{m}^2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} V = 14.7\text{m}^2 \cdot 0.015\text{m} = 0.22\text{m}^3 \\ m = 665 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.22\text{m}^3 = 146\text{kg} \end{array}$$

Ukupna pretpostavljena masa iznosi:  $M_{\text{uk}} = 44 + 71 + 80 + 146 = 341\text{kg}$

Prema preporukama masa se povećava za 10% (zavari, spojni materijali itd.).

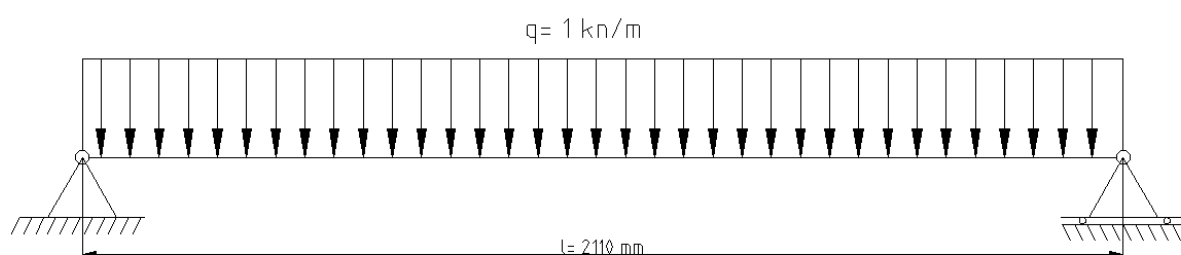
$$M = 341 \cdot 1.1 = 375 \text{ kg}$$

$$F = m \cdot a = 375 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3679 \text{ N} = 3.6 \text{ kN}$$

$$\text{Opterećenje po kvadratnom metru} = \frac{3.6 \text{ kN}}{14.7 \text{ m}^2} = 0.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Ukupno opterećenje} = S_{uk} = S_1 + S_2 = 1.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 1.49 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

I u ovom slučaju opterećenje smo podijelili kao kontinuirano opterećenje po cijeloj dužini poprečne grede.

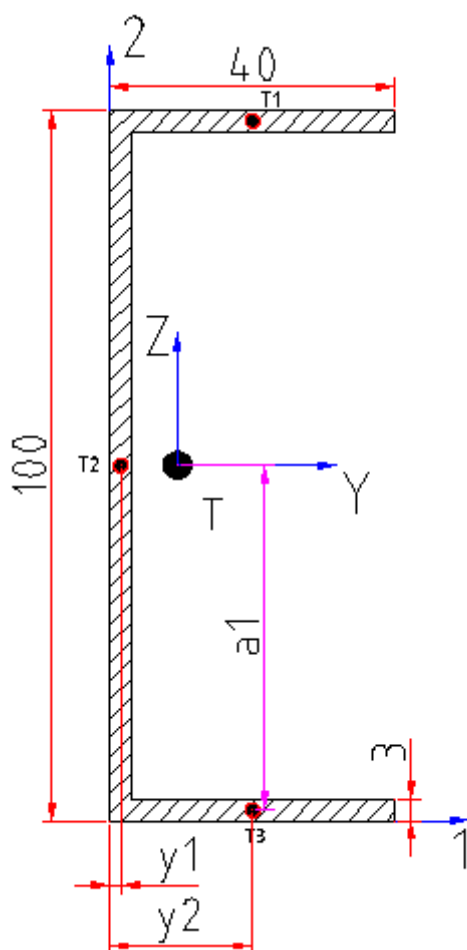


**Slika 19. Pretpostavljeno opterećenje na krovnu poprečnu gredu**

$$q = 1.49 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.67 \text{ m} = 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 1 \cdot 2.11^2 = 0.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} a$$

$$T = \frac{1}{2} q l = 1.05 \text{ kN}$$



**Slika 20. Poprečni presjek U profila**

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 = A_3 = 40 \cdot 3 = 120 \text{mm}^2 \\ A_2 = (100 - 3 - 3) \cdot 3 = 282 \text{mm}^2 \end{array} \right\} A_{uk} = 120 + 120 + 282 = 522 \text{mm}^2 = 5.22 \text{m}^2$$

$$y_3 = y_1 = 20\text{mm}$$

$$y_2 = 1.5\text{mm}$$

$$a_1 = a_3 = 50\text{mm}$$

$$a_2 = 0\text{mm}$$

$$y_s = \frac{y_1 \cdot A_1 + y_2 \cdot A_2 + y_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{20 \cdot 120 + 1.5 \cdot 282 + 20 \cdot 120}{120 + 282 + 120} = 10 \text{ mm}$$

$$I_1 = \sum I_y + a^2 \cdot A$$

$$I_{y1} = \frac{40 \cdot 3^3}{12} = 90 \text{ mm}^4$$

$$I_{y2} = \frac{3 \cdot 94^3}{12} = 207646 \text{ mm}^4$$

$$I_1 = 90 + 48.5^2 \cdot 120 + 207646 + 0^2 \cdot 282 + 90 + 48.5^2 \cdot 120 = 772466 \text{ mm}^4 = 77.24 \text{ m}^2$$

$$W_1 = \frac{772466 \text{ mm}^4}{50} = 15449 \text{ mm}^3 = 15.44 \text{ cm}^3$$

UVJET ČVRSTOĆE:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{55 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}}{15.44 \text{ cm}^3} = 3.56 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 14.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau = \frac{T \cdot A_x}{I_A \cdot d} = \frac{1.05 \text{ kN} \cdot 5.22 \text{ cm}^2}{77.24 \text{ cm}^4 \cdot 0.3 \text{ cm}} = 0.23 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \tau_{\text{dop}} = 7.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

UVJET KRUTOSTI:

$$\text{Dozvoljeni progib } w = \frac{l}{300} = \frac{211}{300} = 0.7 \text{ cm}$$

Iz diferencijalne jednadžbe dobije se maksimalna vrijednost progiba

$$W_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0.01 \cdot 211^4}{21000 \cdot 77.24} = 0.16 \text{ cm}$$

$$W_{\max} = 0.6 \text{ cm} \leq W = 0.7 \text{ cm}$$

ZADOVOLJAVA

## 7.5. Proračun dijelova za dizanje

### 7.5.1. Proračun zavarenog spoja

Da bismo dobili potreban presjek pera za dizanje nauglica, a samim time i cijelog kontejnera, morali smo odabrati takvu vrijednost visine materijala da nakon pozicioniranja ne smetamo zahvatnim sredstvima koja služe za dizanje i premještanje kontejnera. Za potreban presjek zavarenog spoja i kvalitetu osnovnog materijala pretpostavili smo mogućnost da se kontejner diže sa maksimalnim mogućim teretom.

$$\begin{aligned} R &= P + G \\ &= 3645\text{kg} + 2000\text{kg} \\ &= 5645\text{kg} \end{aligned}$$

- Prema preporukama za kontejnersku proizvodnju uvodi se faktor sigurnosti 1.8

$$= 5645 \cdot 1.8$$

$$= 10161 / 4$$

$$m_{ukl_{stopu}} = 2540\text{kg}$$

$$F = m \cdot a = 2540 \cdot 9.18 = 24917\text{N}$$

Odabran je II razred kvalitete zavarenog spoja te je pretpostavljeno statičko opterećenje.

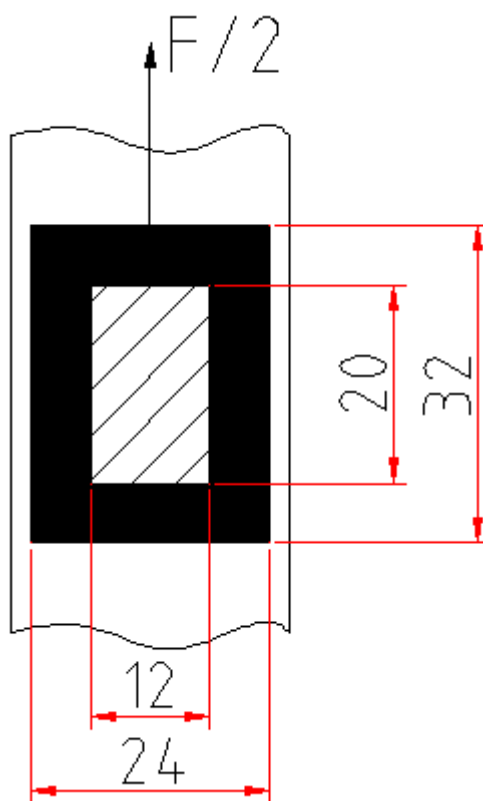
Materijal osnovnog dijela je N-A-XTRA 550, a karakteristike materijala prikazane su u tablici ispod. Na jednu nauglicu idu dva pera tako da je ukupna sila podijeljena sa 2.

**Tabela 6. Mehaničke karakteristike materijala NAXTRA 550**

Steel grade	Thickness [mm]	Yield strength R <sub>eH</sub> [MPa]	Tensile strength R <sub>m</sub> [MPa]	Elongation A [%]	Impact toughness in J at test temperature		
					-20 °C	-40 °C	-60 °C
N-A-XTRA® 550	3 – 50	≥ 550	640 – 820	≥ 16	≥ 35	≥ 30	≥ 27
N-A-XTRA® M 550	3 – 65	≥ 550	640 – 820	≥ 16	≥ 30	≥ 27	
	> 65 – 100	≥ 530	640 – 820	≥ 16	≥ 30	≥ 27	
N-A-XTRA® 620	3 – 50	≥ 620	700 – 890	≥ 15	≥ 35	≥ 30	≥ 27
N-A-XTRA® M 620	3 – 65	≥ 620	700 – 890	≥ 15	≥ 30	≥ 27	
	> 65 – 100	≥ 580	700 – 890	≥ 15	≥ 30	≥ 27	
N-A-XTRA® 700	3 – 50	≥ 700	770 – 940	≥ 14	≥ 35	≥ 30	≥ 27
N-A-XTRA® M 700	3 – 65	≥ 690	770 – 940	≥ 14	≥ 30	≥ 27	
	> 65 – 100	≥ 650	760 – 930	≥ 14	≥ 30	≥ 27	
N-A-XTRA® 800	≤ 65	≥ 800	840 – 1000	≥ 11	≥ 35	≥ 30	≥ 27
	> 65	≥ 740	840 – 990	≥ 11	≥ 35	≥ 30	≥ 27

Zbog specifičnosti problema odabrana je pločica 40x20x12 mm, te zajedno sa svornjakom promjera 28 mm tvori zavareni spoj. Iako sila djeluje na konusnu površinu, zbog razlike od

samo 1.2 mm te zbog pojednostavljenja proračuna u proračunu smo pretpostavili kao da sila djeluje okomito na presjek zavora kako je prikazano na slici 21.



**Slika 21. Poprečni presjek zavora**

-proračun dopuštenog naprezanja zavarenog spoja

$$F = \frac{F_{uk}}{2} = \frac{24917}{2} = 12460 \text{ N}$$

$$\sigma_{dop}(\text{N-A-XTRA 550}) = \frac{R_e}{1.5} = \frac{550}{1.5} = 366 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$a = 0.3 \dots 0.7t = 0.5 \cdot 12 = 6 \text{ mm}$$

$$\sigma_{zdop} = 0.8 \cdot \left(1 + \frac{1}{a}\right) \cdot \sigma_{dop} = 0.8 \cdot \left(1 + \frac{1}{6}\right) \cdot 366 = 341.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

-geometrijske karakteristike i karakteristična naprezanja

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{a_1 \cdot h_1^3}{12} - \frac{a_2 \cdot h_2^3}{12} = \frac{24 \cdot 32^3}{12} - \frac{12 \cdot 20^3}{12} = 57536 \text{ mm}^4 \\
 W &= \frac{I_x}{e} = \frac{57536}{\frac{20}{2} + 6} = 3596 \text{ mm}^3 \\
 n_{\max} &= \frac{F \cdot l}{W} = \frac{12460 \cdot 40}{3596} = 138.59 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\
 \sigma_{\perp \max} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 138.59 = 98 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\
 \tau_m &= \frac{F}{(\Sigma l \cdot a)} = \frac{12460}{2 \cdot (6 \cdot (32 - 2 \cdot 6))} = 51.91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\
 \sigma_{\text{red}} &= \sqrt{2.8 \cdot \sigma_{\perp \max}^2 + 1.8 \cdot \tau_m^2} \\
 &= \sqrt{2.8 \cdot 98^2 + 1.8 \cdot 51.91^2} \\
 \sigma_{\text{red}} &= 178.16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{\text{zdop}} = 341.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}
 \end{aligned}$$

## ZADOVOLJAVA

**7.5.2. Proračun konzole**

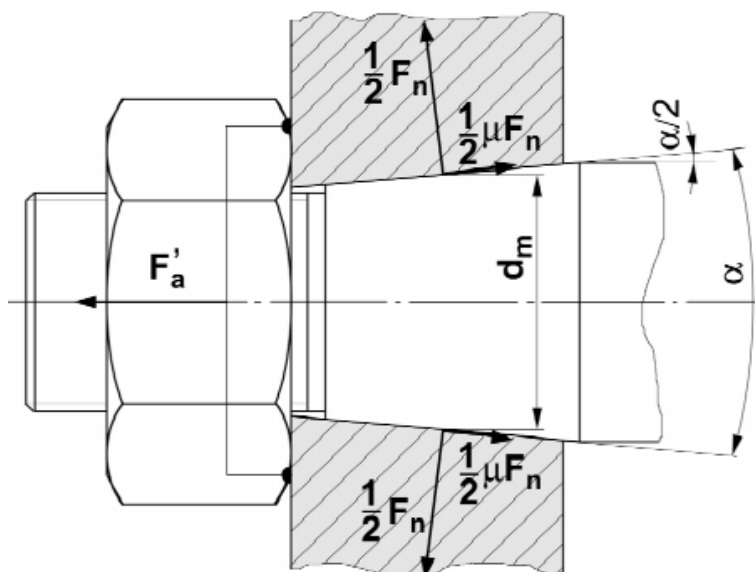
Pločicu za dizanje smo za svaku slučajnost proračunali i kao uklještenu konzolu. Silu od 12460 N smo stavili na najveći krak, tj. u najnepovoljniji položaj da provjerimo progib.

$$\begin{aligned}
 M &= F \cdot l = 12460 \cdot 40 = 498400 \text{ Nmm} \\
 I_x &= \frac{a \cdot h^3}{12} = \frac{12 \cdot 20^3}{12} = 8000 \text{ mm}^4 \\
 W &= \frac{F}{E \cdot I} \cdot \frac{l^3}{3} = \frac{12460}{210000 \cdot 8000} \cdot \frac{40^3}{3} = 0.15 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## ZADOVOLJAVA



### 7.5.3. Provjera samokočnosti konusa i potrebne sile



**Slika 22. Primjer sile kod konusnog osiguranja**

Kod proračuna konusa morali smo odabrati neki od standardiziranih konusa.

$$c = \frac{20 - 18.8}{12} = 1:10$$

Da bi sustav bio samokočan kut nagiba  $\frac{\alpha}{2}$  mora biti manji od kuta trenja. Što je kut manji, proizvest će se veća normalna sila na konusnu dodirnu površinu, a time i veća sila trenja.

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \tan \frac{\alpha}{2 \cdot l} = \frac{20 - 18.8}{2 \cdot 12} = 2.86^\circ$$

Da bi proračun bio na strani sigurnosti računali smo sa dinamičkim faktorom trenja  $\mu_{din}$  koji je manji od statičkog. Za kombinaciju suhih površina čelik/čelik  $\mu_{din} = 0.07 \dots 0.16$  te je odabrana srednja vrijednost  $\mu_{din} = 0.115$ .

$$\begin{aligned} \frac{\alpha}{2} &= 2.86 \leq \arctan \mu \\ &= 2.86' \leq 6.56' \end{aligned}$$

**ZADOVOLJAVA**

## 7.5.3.1. Procjena potrebnog momenta ovisno o duljini poluge ključa

$F_r$  = ručna sila mora biti manja ili jednaka 200N

$l$  = duljina poluge ručice od centra brave=170mm

$$M = F \cdot l = 200 \cdot 170 = 34000 \text{ Nmm}$$

Proračunati moment unosimo kao vrijednost koju mora postići sila trenja

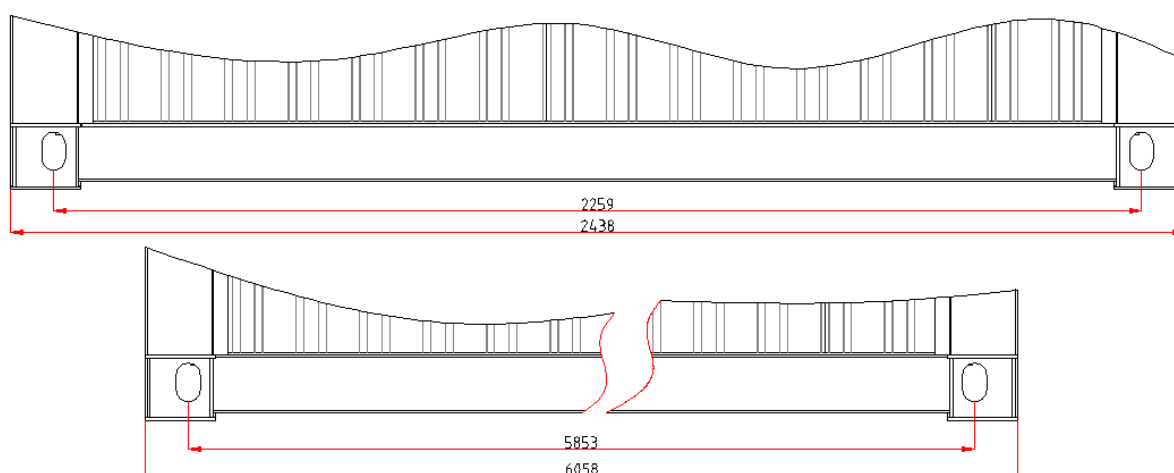
$$M_t = \mu \cdot F_m \cdot \frac{dm}{2} \Rightarrow 34000 = 0.115 \cdot F_m \cdot 37.5 = 7884 \text{ N}$$

Maksimalna aksijalna sila

$$\begin{aligned} F_a &= F_N \cdot \left( \mu \cdot as \cdot \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \right) \\ &= 7884 \cdot (0.115 \cdot \cos 2.86 + \sin 2.86) \\ &= 1300 \text{ N} \end{aligned}$$

## 7.6. Izgled, dimenzije i proračun nauglica

Nauglice su standardizirane prema ISO 1161, te moraju biti proizvedene u skladu sa preporukama i uputama iz standarda. Mi smo za naš primjer odlučili napraviti zavarenu izvedu koja bi bila manje nosivosti nego standardna lijevana, a i cijena krajnjeg proizvoda bila bi puno niža nego kod proizvodnje vlastitih nauglica. Kupac, odnosno agencija može zatražiti tehničku dokumentaciju i u našem trošku testirati ju na predviđene vrijednosti. Na slici 23 prikazane su dimenzije kod širina nauglica koje se moraju poštivati da bi se kontejneri mogli dizati u bilo kojoj luci ili za to predviđenom mjestu.



**Slika 23. Razmak između rupa nauglica**

Nauglice su zamišljene kao kutijasti nosači te je za njih dana tehnička dokumentacija i proračun napravljen metodom konačnih elemenata.

## 8. GRADNJA MODULARNIH OBJEKATA

Ukoliko postavljamo kontejner samo kao zasebnu jedinicu nije nam potrebno nikakvo dodatno podno osiguranje. Kontejner se jednostavno pozicionira na asfalt, beton ili na neku dovoljno čvrstu podlogu te je spreman za korištenje. Kod gradnje modularnih objekata, ili kod trajnog postavljanja kontejnera potrebno je osigurati međusobne spojeve kontejnera.

### 8.1. Spoj kontejnera sa podlogom

Ukoliko dolazi do gradnje novog poda najjednostavniji način spajanja je da napravimo „anker ploču“. Čelična ploča ima na sebi zavarene kuke koje služe kao zaštita od izvlačenja ploče te se one zaliju betonom da dobijemo stabilnu konstrukciju. Na slici ispod prikazan je princip temelja na kojeg nasjeda nauglica, a napravljen je gore spomenutim principom.



**Slika 24. Temelj čeličnom pločom**

Nakon što se kontejner pozicionira na već pripremljene temelje, nauglice se jednostavno zavare za postojeću ploču. Ukoliko znamo da će kontejneri biti izloženi velikim bočnim opterećenjima, poželjno je napraviti širu ploču i dodati rebra na vanjske strane nauglice. Na slici 25 prikazan je primjer zavarene nauglice. Nakon zavarivanja, radi estetike cijele građevine i što ljepšeg izgleda preporuča se staviti opšavne limove da zamaskiraju spoj.



**Slika 25. Zavarena nauglica**

#### **8.1.1. „Temelj nauglica“**

Ukoliko ne želimo direktno zavarivati nauglicu na temeljnu ploču možemo se poslužiti tzv. temeljnim nauglicama. Njihova namjena je da se ponašaju kao temeljna ploča, te se direktno ugrađuju u temelje. Postoji 3 tipa ovakvih nauglica. Zasebne, dvostruke i četvero struke. Nama su za naš problem najzanimljivije dvostruke pošto sa njima možemo dobiti i bočno osiguranje drugog kontejnera.



**Slika 26. „Temelj nauglica“**

Na temeljnu nauglicu stavi se osigurač (eng. Twistlock) koji ima zadaću zabraviti dvije nauglice. To su standardni dijelovi te je na slici 27 prikazan primjer. Nakon što smo pozicionirali nauglice okrene se poluga te se stožasti dio okrene za 90 stupnjeva i zaključa dvije nauglice zajedno. Poluga se izvadi van te ne postoji način da se uređaj odbravi bez ponovnog otključavanja polugom.



Slika 27. Twistlock uređaj

## 8.2. Bočno spajanje kontejnera

Već smo u točki 8.1.1. napomenuli da se kontejneri mogu međusobno bočno spajati „temelj nauglicma“. Ovdje smo odlučili prikazati još nekoliko načina na koji se kontejneri mogu bočno slagati i tvoriti građevine.

### 8.2.1. Bočno zavarivanje

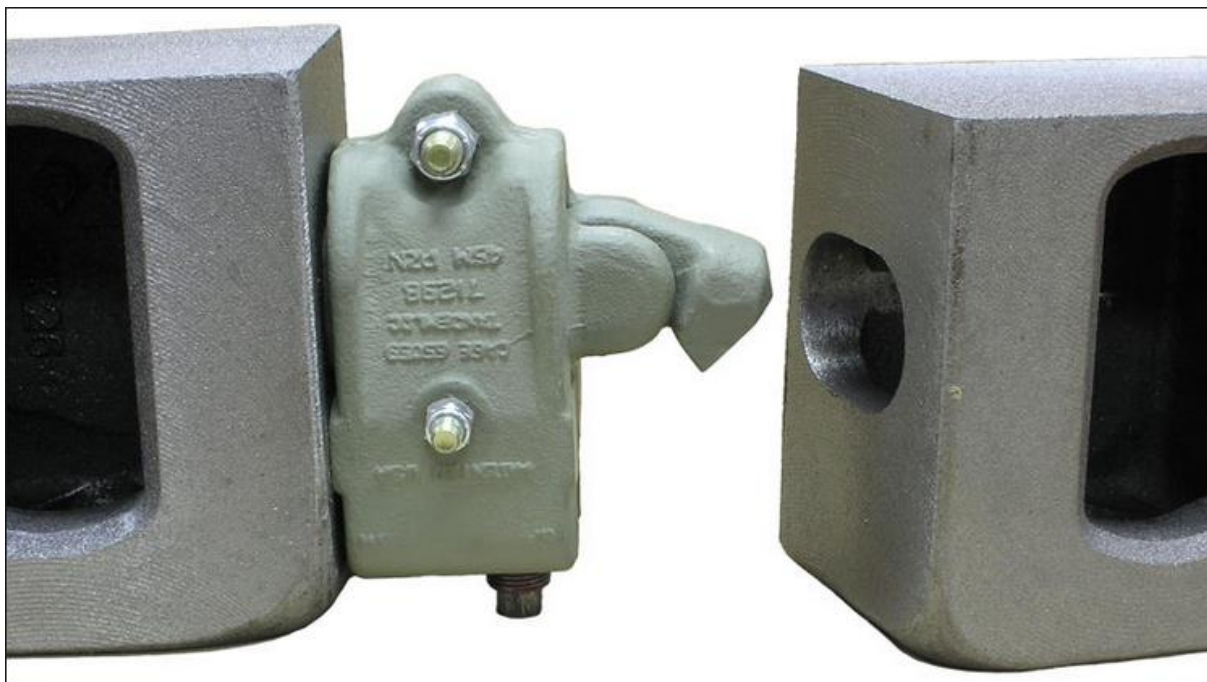
Možda i najjednostavniji primjer bočnog spajanja kontejnera je da ih jednostavno zavarimo za nauglice. Prostor koji ostaje između popuni se ili poliuretanskom pjenom ili mineralnom vunom te se zaštiti limom na principu „vjetar lajsne“. Ovaj princip je po meni dosta nepraktičan pošto dobivamo krutu konstrukciju i gubimo na prednostima koje možemo postići spajanjem oblikom.



Slika 28. Bočno povezivanje kontejnera

### 8.2.2. Horizontalni konektor

Umjesto zavarivanja postoje specijalni proizvodi koji služe za bočno povezivanje kontejnera, a dopuštaju i male pomake, što daje veći faktor sigurnosti građevini od utjecaja potresa. Na slici je prikazan proizvod tvrtke „Tandemlock“ koja je usko specijalizirana za proizvode za osiguranje različitih vrsta kontejnera.



**Slika 29. Tandemlock horizontalni konektor**

Nakon što se pozicionira prvi kontejner, horizontalni konektor se gurne u bočnu rupu nauglice te se okretanjem jedne od matica prikazanih na slici poluga spušta prema dolje i osigurava jednu nauglicu. Nakon toga spusti se i drugi kontejner koji se natakne na drugu polugu. Okretanjem druge matice poluga se također pomiče prema dolje i osigurava i drugu nauglicu. Glavna mana ovog tipa spajanja je da ostavlja veliki prazni prostor između dva kontejnera. Razmak između nauglica nakon spajanja iznosi 76 mm, te na taj način ne možemo popuniti praznine samo poliuretanskom pjenom ili mineralnom vunom, već se mora raditi posebni mali panel koji bismo mogli umetnuti između dva kontejnera.



### 8.2.3. Navojna šipka

Zasigurno najjednostavniji i najjeftiniji, a vjerojatno i najbolji način bočnog vezivanja. Ovim načinom kontejneri se mogu vezati i vertikalno, te mu je i to jedan od velikih plusova. Kontejneri se pozicioniraju točno jedan do drugoga, nauglica na nauglicu. Nakon toga poluge se gurnu u otvore. Navojna šipka na jednoj strani ima narezan lijevi navoj, a na drugoj desni, dok se na sredini nalazi ojačanje na principu matice. Okretanjem matice poluge se primiču jedna prema drugoj i dolazi do bočnog osiguranja.



Slika 30. Navojna šipka

Na slici 31 prikazan je primjer spojenih nauglica principom navojne šipke.



Slika 31. Bočni spoj

### 8.3. Vertikalno spajanje kontejnera

Kao što smo već gore naveli, kontejneri se vertikalno mogu spajati zavarivanjem, navojnim šipkama te „twistlock“ uređajima. Spajanje navojnim šipkama i u ovom smislu se čini kao najbolja i najjeftinija metoda. Uz gore navedene mogućnosti postoji još i jedan drugi način smo odlučili pokazati i njegov princip.

#### 8.3.1. Dvostruki vertikalni konektor (VI-SO)



Slika 32. Dvostruki vertikalni konektor

Na slici je prikazan sklop vertikalnih konektora. Da bi ovaj sustav mogao raditi moraju se kupiti dva komada, gornji i donji, koji se spajaju sa 4 vijka. Sklop se pozicionira na gornju nauglicu nižeg kontejnera te se završi okretanjem vijka. Nakon toga na sklop se spusti gornji kontejner te se okretanjem druge gornjeg vijka završi i taj dio. Ukupna masa sklopljenog konektora iznosi 18 kg. Kao i kod sličnih uređaja za horizontalno povezivanje, glavni nedostatak mu je u tome da ostavlja previše praznog prostora između stupova kontejnera. Visina sklopljenog uređaja iznosi 100 mm.

### 8.4. Zaključak

Na temelju prikazanih sustava za pozicioniranje najnižeg kontejnera na pod koristili bi se temeljnim nauglicama, i to zasebnim, pošto dvostruke ostavljaju preveliki bočni razmak za naš slučaj. Pozicioniranjem na ovaj način izolirali smo nauglice kontejnera od bilo kakvog zavarivanja ili nepotrebnih oštećenja. Za horizontalno, odnosno, vertikalno spajanje koristili bi navojne šipke. Najjeftinije su, najlakše se postavljaju, a karakteristike im više nego zadovoljavaju naše uvjete.



## 9. SPAJANJE INFRASTRUKTURE

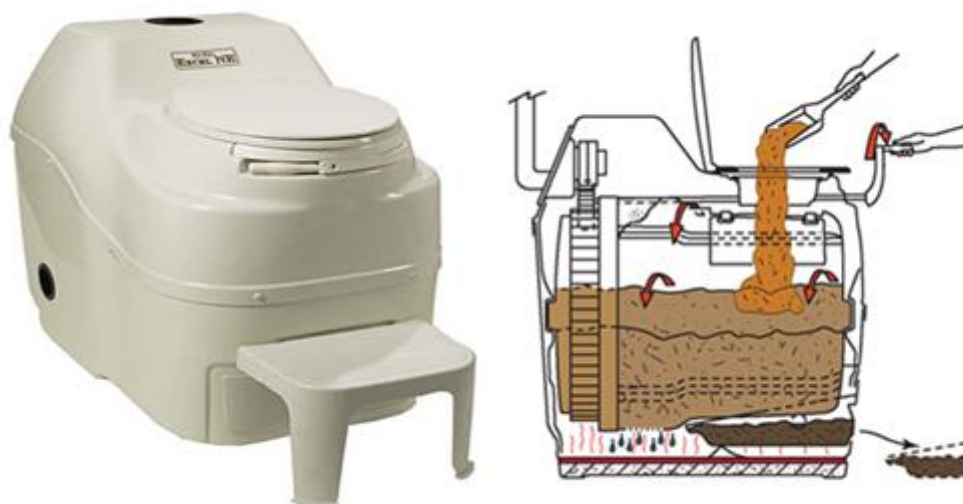
Pošto se paneli za naš kontejner slažu ručno, moguće je cijevi za dovod vode i kanalizaciju položiti u panel, na njih staviti mineralnu vodu, a na limu i iverici odmah napraviti otvore za ulaz, odnosno izlaz. Pošto je mobilnost jedna od glavnih odlika kontejnera teško je predvidjeti kako će se kontejner koristiti i da li će se unaprijed instalirani priključci moći uvijek iskoristiti.

### 9.1. Kanalizacija

Ukoliko se gradi modularni objekt, kontejner se ponaša kao svaka građevina te mora imati i osiguran priključak i na vodovodnu i na kanalizacijsku mrežu. Načini postavljanja u tome slučaju uopće se ne razlikuju od standardnih načina koje mi primjenjujemo u svojim kućama. No, postavlja se pitanje kako osigurati sanitarni čvor u kontejneru koji služi kao samostalna jedinica, a mora imati osiguranu mogućnost korištenja wc-a.

Jedini način na koji možemo imati osiguran odvod je da koristimo primitivan wc, takozvani „poljski wc“ ili engleski naziv, „composting toilet“. Vjerojatno svima na um prvo padne da na takvim toaletima ne postoji mogućnost ispiranja, pražnjenje nije kontinuirano te ima zaostataka, smrdi itd. Tvrtka „Sun-Mar“ proizvodi toalet za koji tvrdi da uopće ne treba vodu za ispiranje, nikakve cijevi ili dodatne septičke jame te da ljudske fekalije nakon korištenja možemo koristiti kao kompost. Toalet je u potpunosti samostalan te ne treba nikakva dodatna učvršćenja. U sljedećim navodima razjašnjen je princip rada ovog toaleta i prednosti zbog kojih sam ga odabrao kao savršeni primjer za svaki kontejner koji nema pristup na toaletnu mrežu. Uređaj je čak opremljen i sa ventilatorom na baterije koji se može po potrebu uključiti i isključiti. Ukoliko se bolje pogleda, ispod wc daske nalazi se poluga. Poluga se nakon obavljene nužde izvlači van te se okretanjem fekalije guraju u za to predviđen prostor. Proizvođači govore da ne ostaju nikakvi ostatci, te da je toalet iznimno čist i uredan. Glavna posebnost toaleta nije skupljanje, već kompostiranje. Tijekom kupnje toaleta moramo naručiti i kompostni pijesak. S kompostom dolazi i žlica za doziranje. Preporuka proizvođača je da se stavlja jedna žlica po osobi na dan. Da bi kompost mogao djelovati, trebamo mu i dodati dobre bakterije. „Microbe mix“ je dodatak koji pospješuje pravljenje komposta i ubrzava cijeli proces. Dodaje se svakih 2-3 tjedna po jedna žličica. Jako važna stvar kod cijelog procesa je i „Compost Quick“. Ova bočica sadrži enzime koji još dodatno pospješuje stvaranje komposta, a i služi za dezinfekciju toaleta. Koristi se svaki put nakon obavljanja

velike nužde. Poprska se 3 ili 4 puta cijeli otvor toaleta. Gledajući malo komentare ljudi koji koriste ovaj sustav stječe se dojam da je to vrlo koristan uređaj, te da proizvođači nisu pretjerali u iznošenju pozitivnih izvještaja. Na slici 33. prikazan je izgled gore opisanog toaleta te poprečni presjek na kojem se vidi sipanje komposta i okretanje poluge ručice.



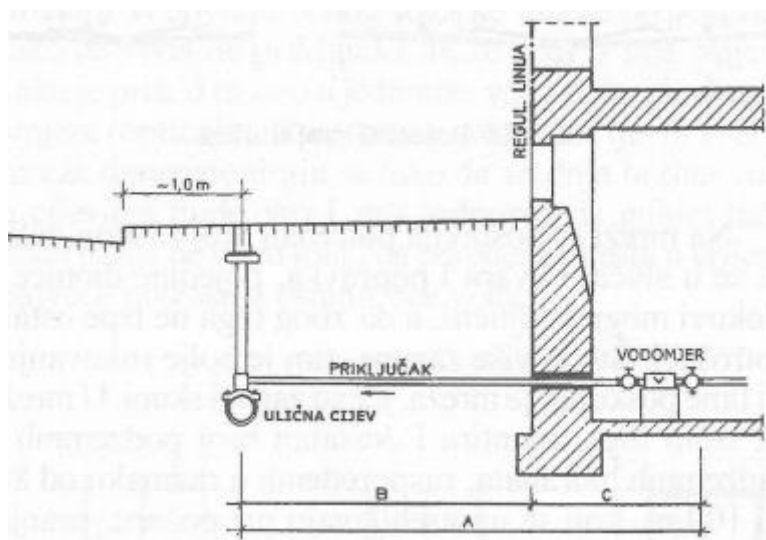
**Slika 33. Kompost toalet**

Ukoliko želimo koristiti standardne toalete moramo imati spojen dovod vode te potrebne kanalizacijske cijevi. Za ovaj tip odvoda fekalija odabrane su cijevi od polipropilena, tzv. PP cijevi. Prednost ovih cijevi nad čeličnim pocinčanim je u tome da ne hrđaju, u cijevima se ne taloži kamenac ni minerali, brzo i jednostavno se montiraju, te traju duže od klasičnih cijevi. Pošto je kontejner niska građevina, cijev mora ići pod pravim kutom prema zemlji gdje se spaja na septičku jamu ili kanalizacijski odvod.

## **9.2. Dovod vode**

Da bismo mogli dobiti vodovodni priključak prvo treba vidjeti što možemo učiniti sami, a za što smo potrebni zvati ovlaštenu osobu. Ukoliko se kontejner često seli, te nije predviđeno da bude stacioniran na jednom mjestu, nema svrhe priključivati se na vodovodnu mrežu. Za modularne objekte odnose se sva pravila kao i za ostale građevine. Kućni priključak je onaj dio ulične vodovodne cijevi kojim se voda uvodi u kuću. Na slici 34. je dan primjer kućnog priključka sa referentnim oznakama. Slovo „A“ prikazuje kućni priključak koji ide od ulične cijevi pa sve do vodomjera. Kućni priključak postavljaju djelatnici komunalnog vodovoda. Pošto vidimo da u našem slučaju vodomjer mora ući u kontejner, mi taj dio ne smijemo sami postavljati. Tipično se vodomjer ugrađuje u oknima u dvorištu, tzv. šaftovi. Mi smo odabrali

da se naš ugrađuje direktno na kontejner. Pošto su kontejneri u svom načelu stambene građevine čija je glavna odlika lagano preseljenje na drugo mjesto, bilo bi dobro da imamo mogućnost da se vodovodno mjerilo također „seli“ s nama. U ponudi imamo niz specijaliziranih ormarića koje možemo lagano pozicionirati na kontejner, nešto slično kao ormarići za očitavanje potrošnje električne energije. Priključni vod do regulacijske linije „B“ spada u gradsku mrežu i održava ga vodovod, a od regulacijske crte do kućnog ventila „C“ vlasnik.



**Slika 34. Kućni vodovodni priključak**

Cijevi u kućnom vodovodu se uvijek postavljaju pravocrtno, a savijaju i granaju pod pravim kutom. Na mjestima prolaza kroz zid, cijev mora uvijek biti okomita na zid. Vodovi se postavljaju ili horizontalno ili vertikalno, te kod horizontalnog postavljanja mora postajati blagi nagib od 2-5% da bi se spriječilo skupljanje zraka u cijevima i da bi se omogućilo kontinuirano pražnjenje. Za sve vodove u kontejneru pretpostavili smo da se postavljaju na zidove, a ne u zidove. Pošto je teško na početku predvidjeti kako će i gdje ići vodovodna mreža, cijevi se moraju postavljati naknadno. Pretjerano rezanje vanjskog lima ili unutarnje iverice dovelo bi do pojave toplinskih mostova, a i nagrđilo bi sam kontejner. Cijevi nije lijepo vidjeti ni u unutrašnjosti kontejnera, ali smatramo da je kontrola instalacija važnija od estetike, pogotovo zato što je ovo ipak sklopivi kontejner i lakše će se cijevi rastaviti u unutrašnjosti kontejnera, nego u zidovima. Kod nerastavljivih kontejnera lakše nam je postaviti vodovodnu mrežu pošto su zidovi u konstantom sklopu s ostatkom konstrukcije te nema odvajanja kao kod našeg kontejnera. Slavine, toaleti, tuševi itd. mogu biti instalirani tek na mjestu postavljanja, dok kod fiksnih kontejnera se to sve može napraviti u pogonu. Za instalacijski sustav izabran je proizvodni program tvrtke „Vargoterm“ koji ima podružnice u

Hrvatskoj. Za materijal cijevi prema preporukama proizvođača odabran je PP-R 80, poliolefinski polimer koji se postavlja puno lakše i brže nego bakrene ili čelične cijevi. Cijevi se ručno zavaruju aparatom (polifuzor) čija temperatura iznosi 260 °C te je i spajanje puno jednostavnije i kvalitetnije. Sve cijevi šelnama bi se vezale na unutarnji dio panela. Da bismo dobili okvirni proračun potrebnih cjevovoda pretpostavili smo da se u kontejneru nalazi samo toalet i umivaonik. Proračun ćemo izvesti samo za jedan kontejner, a ukoliko bi se gradila modularna građevina, dobivene vrijednosti množili bi s brojem zasebnih jedinica. Količina vode koja se troši u kućanstvu ovisi o broju korisnika te o broju izljevniha mjesta. *Izljevna količina* vode je ona količina koja ističe na izljevnom mjestu u jedinici vremena, pri određenom izljevnom tlaku. *Protok* je količina vode u litrama koja u sekundi protječe kroz cijev. Izljevna količina jednaka je protoku i mjeri se u l/s.

Odnos između protoka i izljevniha jedinica(IJ)može se prikazati izrazom:

$$q = 0.25 \cdot \sqrt{IJ}$$

U tablici ispod date su vrijednosti za izljevne jedinice koje vrijede za stambene, administrativne i druge zgrade sličnog režima potrošnje vode. Na naš problem odnose se oznake Z i U.

**Tabela 7. Vrijednosti izljevniha jedinica**

Oznaka	Vrsta izljeva	Izljevne jedinice
Z	Zahodska školjka s vodokotličem	0.25
B	Bide	0.25
P	Perilica rublja ili suđa	1.50
U	Umivaonik	0.50
K	Kada	1.50
T	Tuš kada	1.50
S	Sudoper	0.50

Preporučljiva brzina vode za kuće iznosi od 1 do 2.5 m/s. Ukoliko zanemarimo gubitke kod strujanja, hrapavost cijevi itd. možemo dobiti minimalnu površinu cijevi koja nam je potrebna da bismo konstantno imali dovoljan tlak i dovoljnu količinu vode.

Ukupna potreba za vodom za naš kontejner iznosi:

$$Q_n = 0.25IJ + 0.5IJ = 0.75IJ$$

$$q = 0.25 \cdot \sqrt{IJ} = 0.25 \cdot \sqrt{0.75} = 0.216 \text{ l/s} = 0.000216 \text{ m}^3/\text{s}$$

Prema maksimalnoj dozvoljenoj brzini vode u cijevima možemo izračunati:

$$v_{\max} = 2.5 \text{ m/s}$$


$$A_{\text{pot}} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{q}{v_{\max}} \Rightarrow d_{\text{pot}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{v_{\max} \cdot \pi}}$$

$$d_{\text{pot}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{v_{\max} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.000216}{2.5 \cdot \pi}} = 0.0104 \text{ m} = 10.4 \text{ mm}$$

Odabrana je cijev prema tabeli 8., vanjska dimenzija  $\varnothing 20 \text{ mm}$ , unutarnja dimenzija  $\varnothing 14.4 \text{ mm}$  što zadovoljava naš uvjet. Na temelju vanjskog promjera sada se mogu bušiti i paneli, raditi šelne za prihvat cijevi itd.

**Tabela 8. Odabir cijevi**

**CIJEV KOMPOZITNA RAVNA 4 m PN 20**  
 PP-R 80 sa staklenim vlaknima, za vruću i hladnu vodu,  
 HRN EN ISO 15874-2, zelena boja



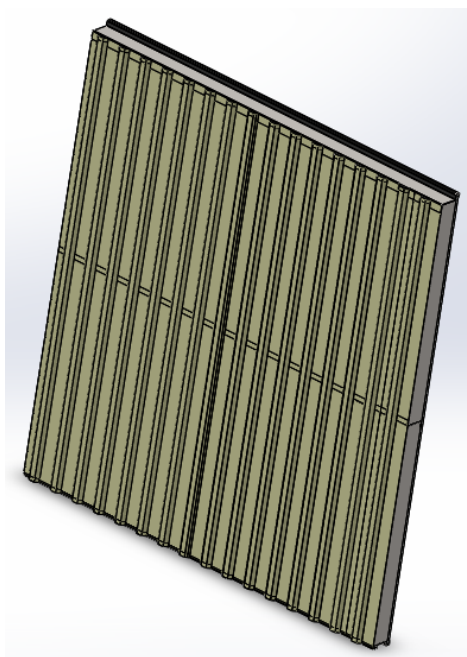
Promjer $\varnothing \text{ mm}$	Stijenka s mm	EAN	met
20	2,8	3 856015 910288	100
25	3,5	3 856015 910295	100
32	3,6	3 856015 910301	60
40	4,5	3 856015 910318	40
50	5,6	3 856015 910325	20
63	7,1	3 856015 910332	20
75	8,4	3 856015 910349	8
90	10,1	3 856015 910356	8
110	12,3	3 856015 910363	8

## 10. SKLAPANJE POJEDINIH DIJELOVA KONTEJNERA

Na sljedećim stranicama pokušat ću dati pregled sklapanja pojedinih dijelova kontejnera za koje smatram da su važni za krajnje razumijevanje proizvoda. Sklopovi koji su detaljno obrađeni u nacrtima neće se ovdje posebno razmatrati.

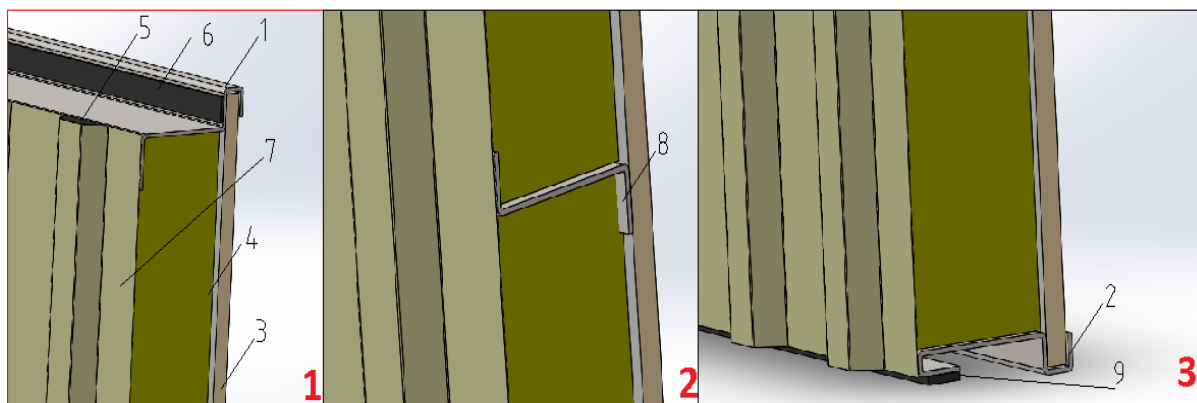
### 10.1. Sklop zidnih panela

Toplinska i zvučna izolacija zidnim, odnosno krovnim panelima, vjerojatno je najveća financijska investicija kod gradnje kontejnera. Ukoliko bismo htjeli kupovati kompaktne panele od eminentnih proizvođača kao što su Lindab ili Kingspan, ukupna cijena kontejnera bi uvelike narasla. Još jedna bitna stvar zbog koje je odbačeno korištenje kupovnih kompaktnih panela su i njihove dimenzije. Kod naše konstrukcije dolazi do vertikalnog slaganja, te nam je puno važnija širina panela, nego duljina, odnosno visina. Svi navedeni proizvođači mogu raditi panele duljine do 13600 mm, ali im je korisna pokrivna širina samo 1000 mm. Da bismo mogli popuniti jedan zid od 5734 mm koliko je naša širina između stupova, trebali bismo 5 cijelih panela, i jednog skraćenog. Kada proizvodimo vlastite panele možemo točno predvidjeti koliko nam panela treba i kojih dimenzija. Na slici 35. prikazan je 3D model zidnog panela.



Slika 35. Zidni panel

Kod sklapanja konstrukcije prvo pozicioniramo gornji (poz.1) i donji profil (poz.2) te ih skupa zavarimo bočnim limovima koji se mogu vidjeti na slici 35. Nakon što smo to napravili gurnemo ivericu (poz.3) u za to predviđene utore u gornjem i donjem profilu, te smo dobili stabilnu konstrukciju na koju sada možemo slagati mineralnu vunu (poz.4). Da ne bi došlo do kondenzacije, na mineralnu vunu se stavlja paro propusna-vodo nepropusna folija. Kao dodatno osiguranje služi nam Z profil (poz.8) koji se vijcima za drvo M3x12 (DIN 95) pričvršćuje za ivericu.

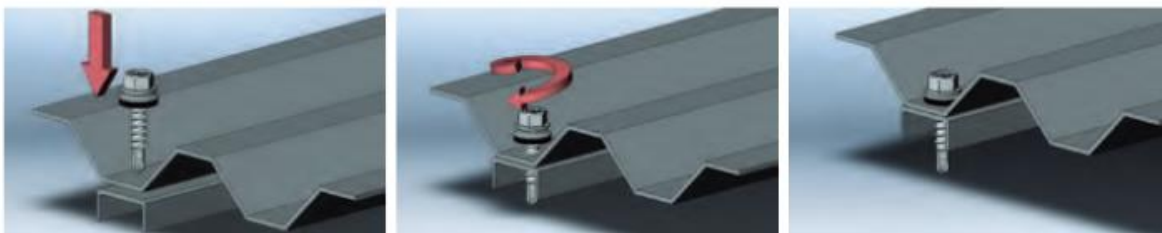


**Slika 36. Bocni presjek panela**

Nakon što smo postavili vunu, ostaje nam još za postaviti trapezno profilirani lim. Da bismo mogli dobiti točne dimenzije lima i udaljenosti na koje se mora rezati odabran je lim OTP 18, proizvod tvrtke Ferrostil MONT iz Zaboka. Visina vala iznosi 18 mm, dok mu je korisna pokrivna širina nakon preklapanja zadnjeg i prvog vala 1060 mm. Za duljinu širinu našeg panela od 2146 mm morali smo koristiti 3 komada lima. Tijekom rezanja lima obratila se pozornost da su početni i konačni lim odrezani u dnu vala, a ne na vrhu. Na taj način dobili smo preklapanje te nije potrebno koristiti nikakve dodatne limove za opšivanje rupa. Poz. 5 prikazuje OTP brtvu. To je standardni dio koji se naručuje kod proizvođača lima i služi za zatvaranje rupa na vrhu i na dnu lima. Brтва prati val lima te se nakon stezanja vijcima raširi i osigura sustav od ulaženja vode, insekata itd.

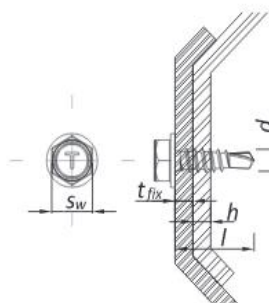
Lim se za konstrukciju pričvršćuje samoureznim vijcima za lim na 3 mjesta. Prvo ga pričvrstimo na gornji i donji profil, poz.1 i poz.2, a nakon toga i na središnji Z profil. Za pričvršćivanje se koriste vijci M4.8x25 (DIN 7504 K). Vijci na sebi sadrže gumenu podložnu pločicu koja nakon stezanja služi za sprječavanje ulaza vode. Vijke treba pričvrstiti u dno vala, i to u svaki drugi. Na slici 37. prikazan je primjer montaže zidnog lima ovim načinom. Na potpuno jednak način lim se pričvršćuje i na središnji Z profil.





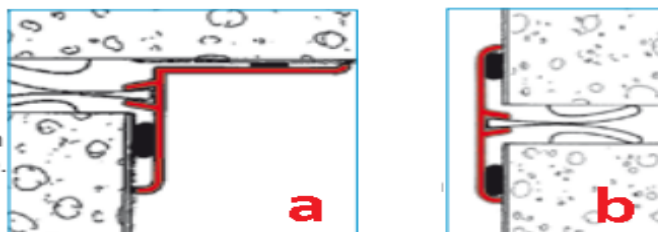
**Slika 37. Spajanje lima samoureznim vijcima**

Da bi sustav bio postojan na sve vremenske nepravilnosti, mjesta preklapanja lima također treba spojiti pripadajućim vijcima. Vijci se spajaju u vrh trapeznog vala. Za spoj je odabran tip vijka M4.8x12 (DIN 7504 N).



**Slika 38. Spajanje lim-lim**

Sve rupe ili mjesta gdje bi moglo doći do ulaza vode treba dodatno zatvoriti silikonskim kitom. Mjesta spajanja dva panela treba također dodatno zatvoriti silikonskim kitom. Na sve kutne dijelove, te na spojeve zidnih panela sa krovom ili podom stavljaju se kutne završni profili, tzv. lajsne (slika a). Na vertikalne spojeve stavljaju se ravni zaštitni profili (slika b). Svi dijelovi lijepe se „Butyl“ ljepljivom da se izbjegne Cijeli sustav je proizvod tvrtke Romus.



**Slika 39. Zaštitni profili**

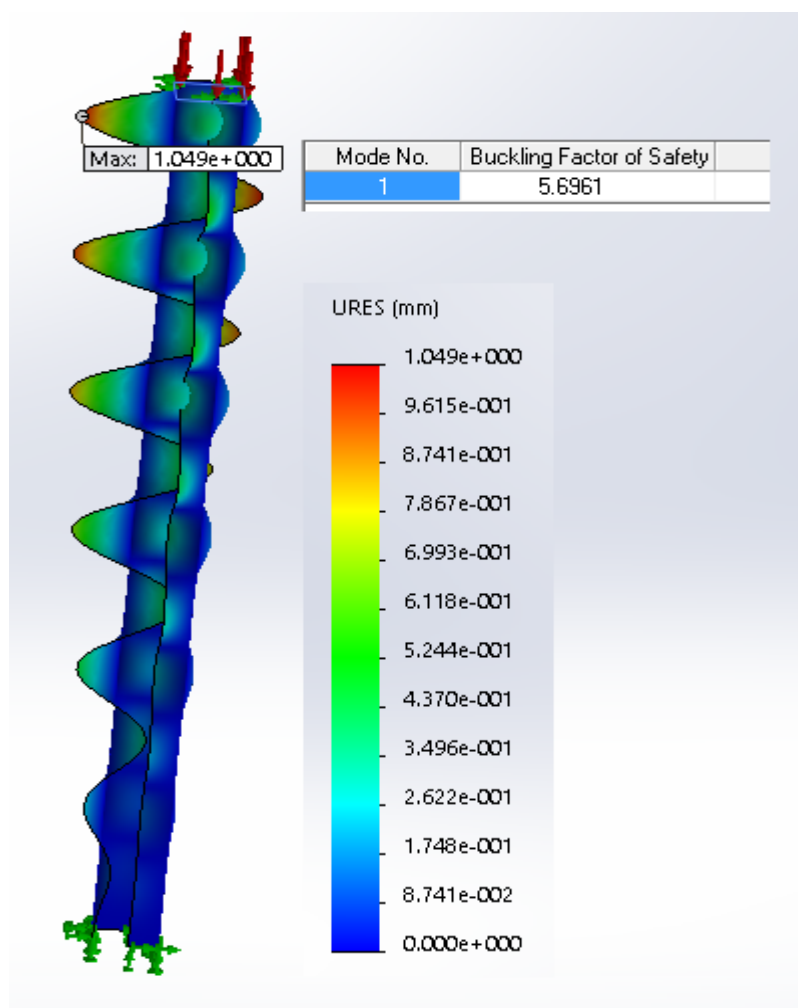


## 11. VERIFIKACIJA PRORAČUNA ANALIZOM METODOM KONAČNIH ELEMENATA

Da bismo bili sigurni u najopterećenije dijelove, osim klasičnog ručnog proračuna, provedena je i analiza metodom konačnih elemenata. Proračuni su međusobno uspoređeni da se vidi da li ima velikih odstupanja ili razlika.

### 11.1. Proračun vertikalnog stupa

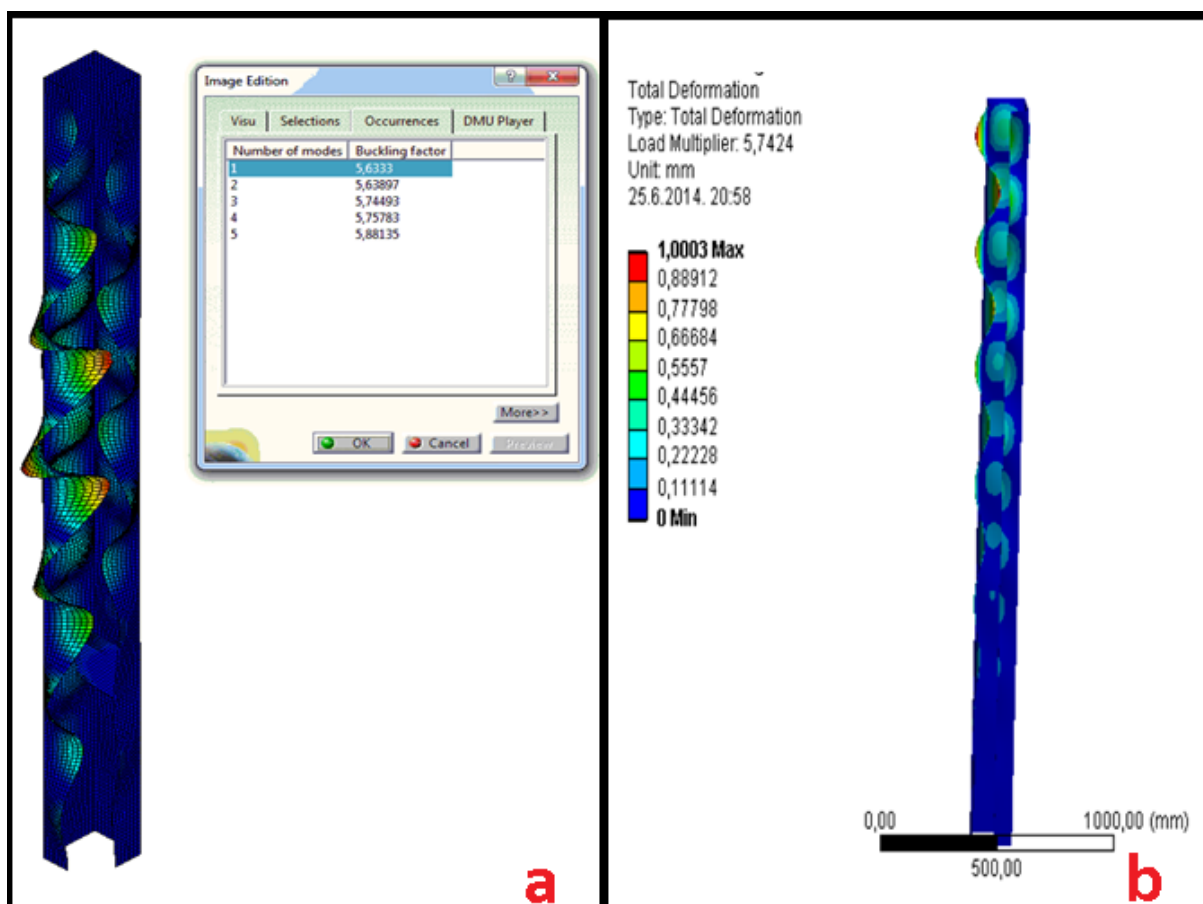
Kao što smo već napomenuli, vertikalni stup se je proračunavao na izvijanje pošto smo zbog tlačnog opterećenja primijetili da je taj tip opterećenja najkritičniji za naš primjer. Za analizu metodom konačnih elemenata koristio se programski paket „Solidworks Simulation“. Pošto je vertikalni stup najvažniji dio cijelog kontejnera, za dodatnu sigurnost, proračun je proveden i u programskom programu „Abaqus“ i „Ansys“ s ciljem da vidimo da li će rezultati iz eminentnijih programa biti jednaki ovome koje daje 3D softver.



Slika 40. Analiza vertikalnog stupa

Kod postavljanja rubnih uvjeta postavljeno je da je donji dio stupa u potpunosti ukliješten, dok se gornji dio može gibati po z osi. Da smo u potpunosti ukliještili i gornji dio, program ne može izvesti analizu. Za vrijednost sile na jedan stup proračunat je iznos od 54250 N. Na slici 40. mogu se vidjeti rezultati dobiveni MKE analizom. Pošto je stup otvoren i nesimetričnog presjeka, neće doći do klasičnog izvijanja kako je pretpostavljeno. Najveći pomak od 1.049 mm dogodit će se na najvišem dijelu, tj. na najudaljenijem dijelu od ukliještenja, te će se smanjivati prema donjem dijelu. Faktor sigurnosti iznosi 5.69, dok je preporuka prema [1. Str 120] za čelično opterećene stupove 5.

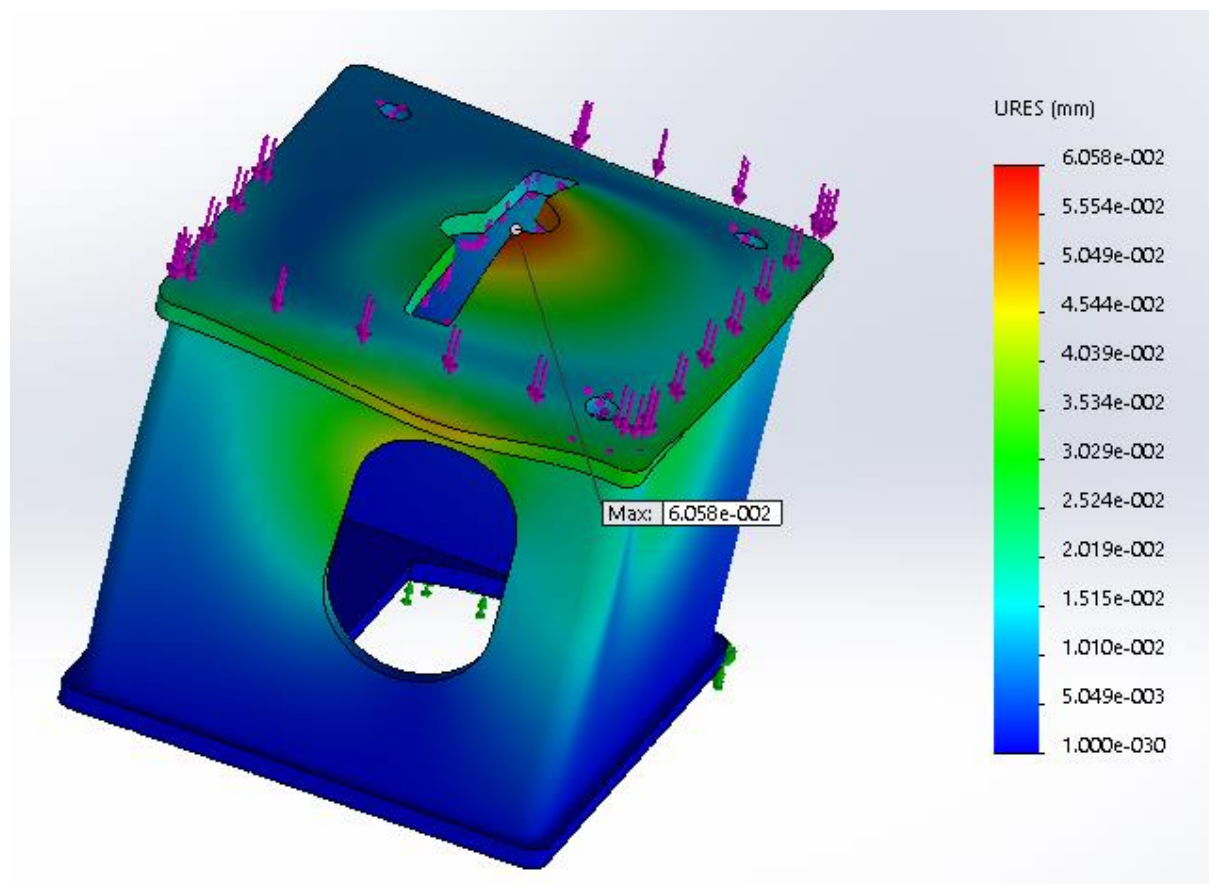
Na slici 41. prikazane su vrijednosti iz programskih paketa: a) Abaqus i b) Ansys. Kao što možemo vidjeti vrijednosti se vrlo malo razlikuju, a i pretpostavljeni način izvijanja stupa u sva 3 programa je isti. Iz svega gore navedenog zaključuje se da stup zadovoljava pretpostavljene uvjete



Slika 41. Analiza drugim programskim paketima

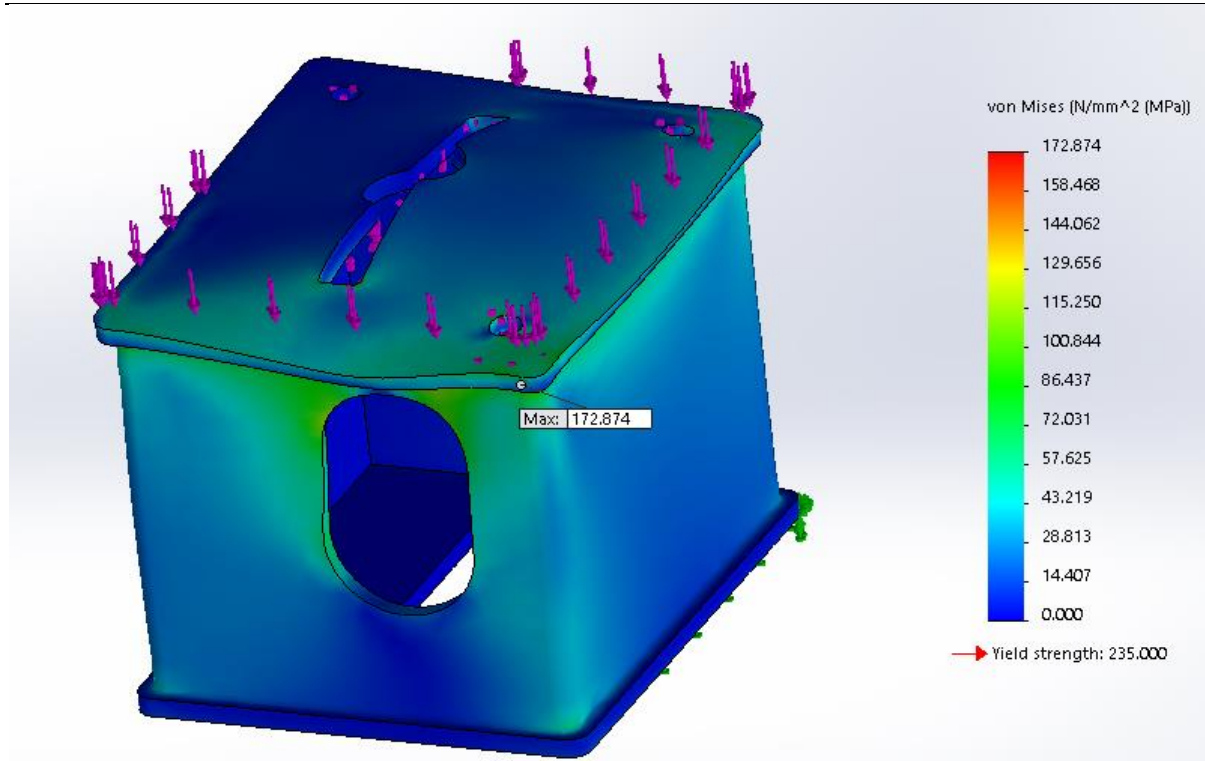
## 11.2. Proračun nauglice

Pošto je nauglica zamišljena kao kutijasti nosač bilo ju je teško proračunati standardnim postupkom, te je zapravo i jedini način proračuna bio korištenje MKE analize. Zbog pojednostavljenja samog postupka, napravljen je 3D model nauglice bez zavarenih spojeva. Na mjestima spajanja ploča i rupama stavljena je gušća mreža. Da bismo dobili što realističniji model, na gornjoj ploči nauglice sila je stavljena točno po poprečnom presjeku vertikalnog stupa.



**Slika 42. Referentni pomaci**

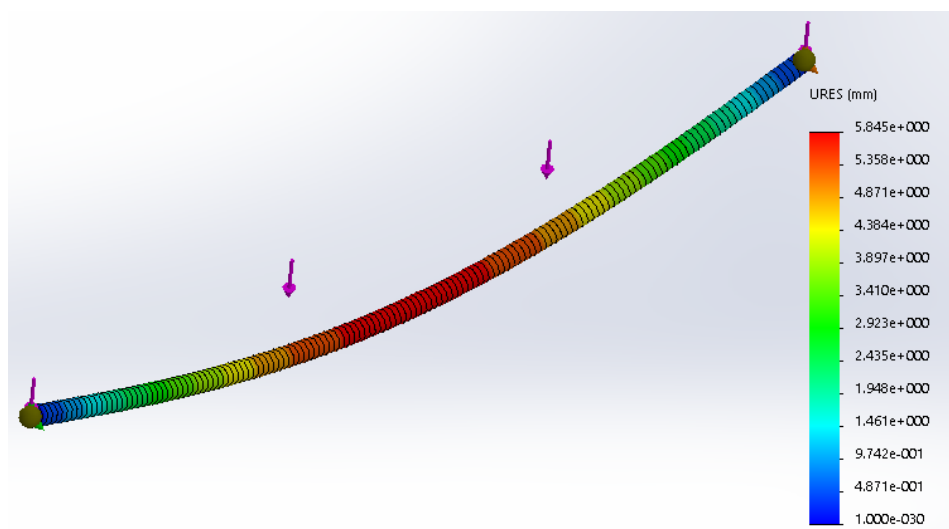
Kao što možemo vidjeti iz priložene slike, maksimalni pomak iznosi 0.06 mm na sredini nauglice. Ovo je slučaj za najopterećeniji model, te bi kod cijelog sklopa nauglica sa vertikalnim stupom vrijednost vjerojatno bila još i niža. Na slici 43. prikazana su maksimalna naprezanja u modelu, te mjesto na kojem je maksimalna vrijednost.



Slika 43. Maksimalna naprezanja

### 11.3. Provjera poprečnih greda

Za svaku slučajnost provjereni su i progibi poprečnih podnih greda. Krutost poprečnih greda vrlo nam je bitna iz razloga da ne bi došlo do pretjeranog savijanja, te do otvaranja donjeg lima. Vrijednosti koje smo dobili analitičkim pristupom trebale bi biti slične ili jednake izračunatima metodom konačnih elemenata. Računali smo sa gredom koja je kontinuirano opterećena po cijeloj svojoj duljini.



Slika 44. Vrijednost progiba poprečne grede

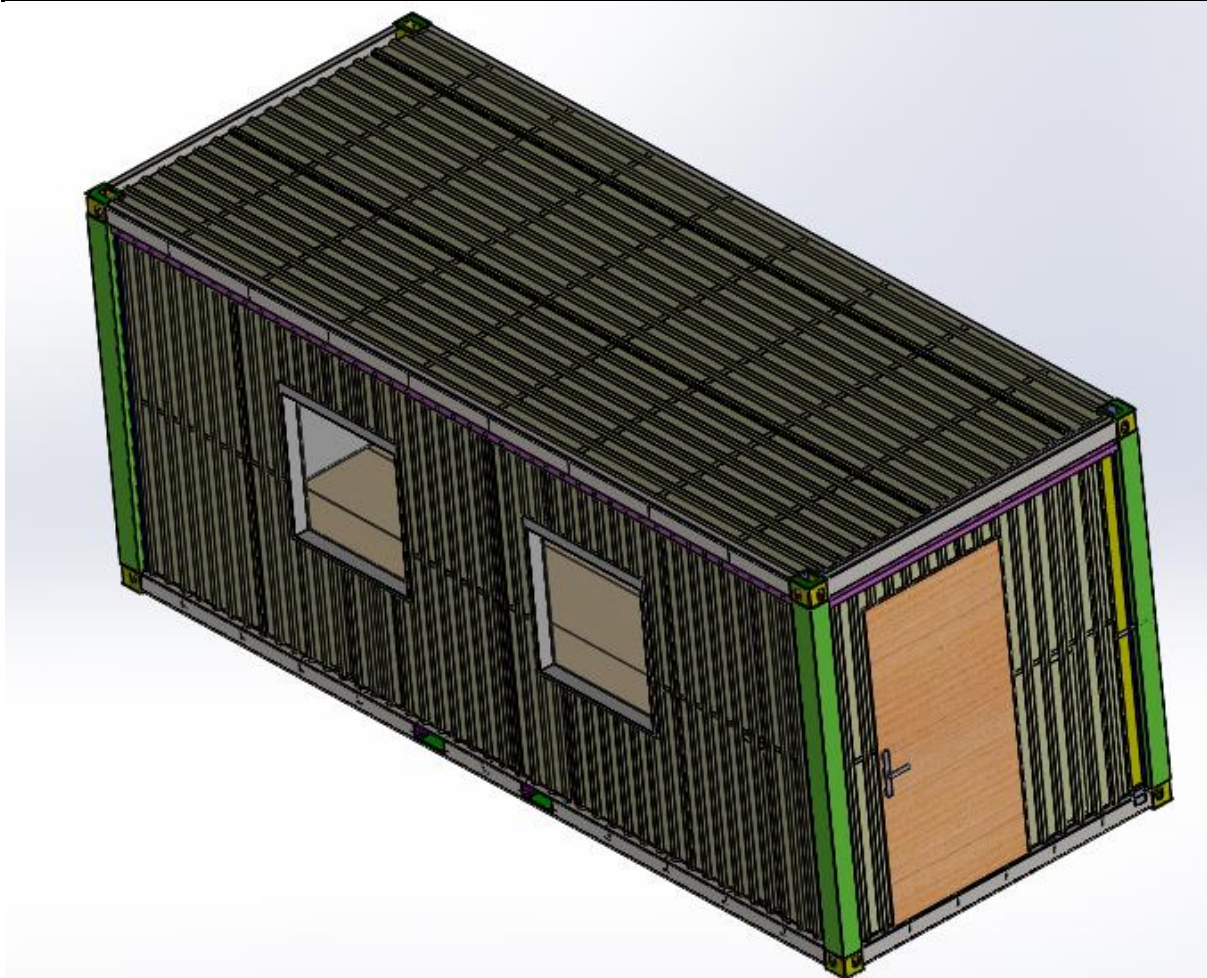
Dozvoljeni progib grede iznosi:  $w = \frac{l}{300} = \frac{243.8}{300} = 0.812\text{cm} = 8.12\text{ mm}$

Izračunata vrijednost metodom konačnih elemenata iznosi 5.84 mm što znači da sustav zadovoljava pretpostavljene uvjete.

## 12. ZAKLJUČAK

Gledajući trendove u proizvodnji i velik niz mogućnosti u gradnji koje možemo dobiti kombinacijom kontejnera shvatio sam da vrijeme ove tehnologije tek dolazi. Iako su ljudi još uvijek skeptični prema ovom načinu gradnje, trudio sam se primjerima prikazati kako je ovo jedan vrlo ekonomičan i kvalitetan način gradnje. Trenutačno se kontejnerski način gradnje najviše koristi u dijelovima svijeta gdje ne postoje naselja, ali gore navedeni primjeri prikazuju da to ne mora uvijek biti tako. Prednosti gradnje kontejnerima premašuju samo ekonomske i vremenske značajke, već se očitiju i u poboljšanoj toplinskoj izolaciji, otpornosti potresima i vremenskim neprilikama itd. Mogućnost iznajmljivanja građevina također je velika prednost. Čitajući literaturu došao sam do podatka da je Norveška izgradila vrtić u jednom mjestu upravo iz ovih kontejnera. Podatak da je vrtić izgrađen od kontejnera nije nikakva novost, no podatak zašto je baš iz kontejnera ipak jest. Mjesto u kojem je izgrađen vrtić sve do prije nekoliko godina uopće nije trebalo vrtić. Mjesto ima vrlo malo stanovnika i djeca su većinom bila kod kuće, a kada su trebala krenuti u školu bio im je organiziran zajednički prijevoz. Pošto je demografski slijed godinama bio u padu, ljude na vlasti je ovaj „baby boom“ ugodno iznenadio. Nesigurno je da li će se ovaj trend nastaviti, pa je odlučeno da se „iznajmi“ vrtić na 10-ak godina. Ukoliko za 10 godina više ne bude potrebe za ustanovom, vrtić će se rastaviti a država je uštedjela novac koji bi bio potrošen za kompletno građenje zidanog vrtića. Ukoliko se trend povećanja djece nastavi, vrtić će biti otkupljen. U današnje vrijeme kada su migracije učestalije nego ikad prije ovakav način gradnje zasigurno će naći još i širu primjenu te ćemo u sljedećih 10-ak godina sigurno svjedočiti povećanju ovog trenda. Za sada, a pogotovo što se tiče naše države, sve je još u povojima.

Na slici 45. nalazi se 3D model našeg stambenog kontejnera.



Slika 45. 3D prikaz kontejnera



## LITERATURA

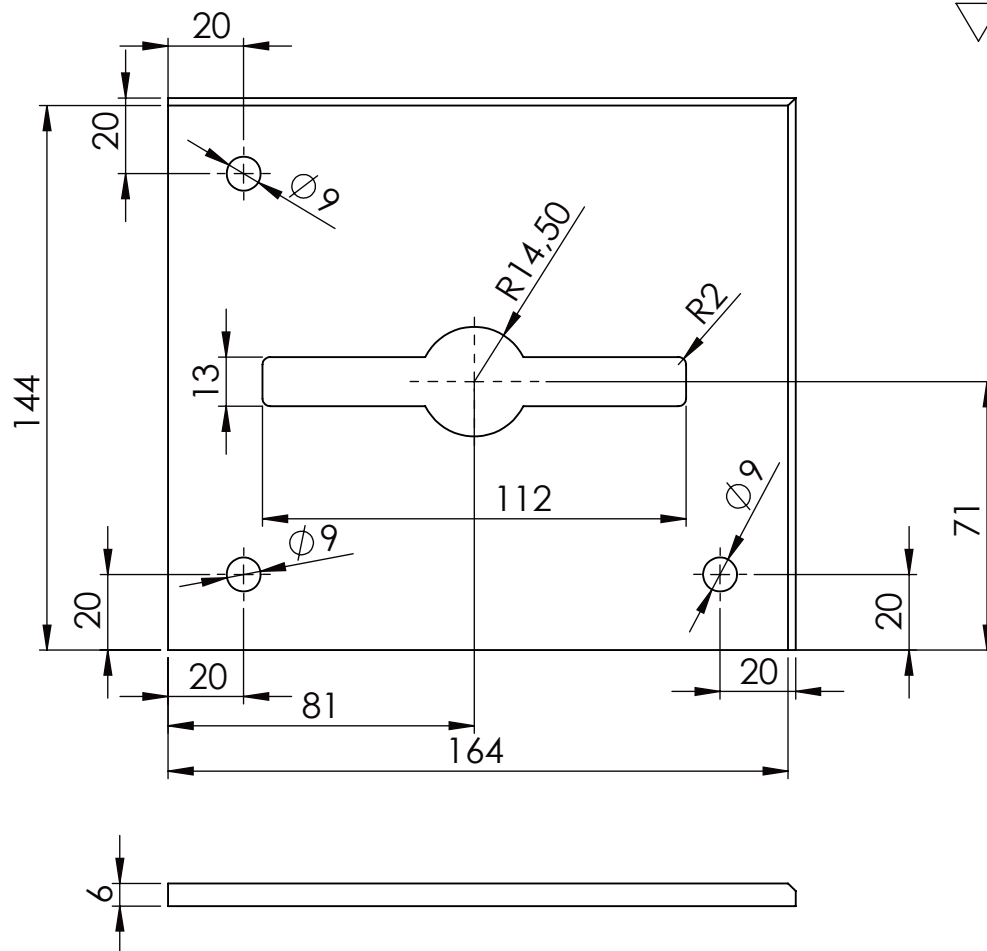
- [1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [2] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [3] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.
- [4] Šavor, Z., Puž, G.: Mjerodavna djelovanja za visoke građevine, Zagreb, 2008.
- [5] Krolo, J.: Izvijanje, Sveučilište u Zagrebu Građevinski Fakultet, Zagreb, 2008.
- [6] Rack Manufactures Institute: Specification for the Design, Testing and Utilization of Industrial Steel Storage Racks, Material Handling Industry of America, *Charlotte*, Sjeverna Carolina, 2008.
- [7] Građevinsko-arhitektonski fakultet: Opterećenja, Sveučilište u Splitu, Split, 2009.
- [8] CEN – European Committee for Standardization: Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings, EU, Bruxelles, Belgija, 2002.
- [9] CEN – European Committee for Standardization: Eurocode 1 - Actions on structures - Part 4: Silos and tanks, EU, Bruxelles, Belgija, 2006.
- [10] CEN – European Committee for Standardization: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1 : General rules, seismic actions and rules for buildings, EU, Bruxelles, Belgija, 2004.
- [11] Ozge Yapi San, Tic A. S.: Technical Specifications of Hekim Panel System Container, Hekim Holding, 2010.
- [12] ISO - International Organization for Standardization: Series 1 freight containers - Specification and testing - Part 1: General cargo containers for general purposes, ISO, Geneva, Switzerland, 1990.
- [13] MariTerm AB: Load distributed in containers, MariTerm AB, Höganäs, Švedska, 2012.
- [14] IACS - International Association of Classification Societies: Guidelines for Container Corner Fittings, IACS, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, 1996.
- [15] ContainerHome: Nordic Style Modular Container Home, ContainerHome, Montreal, Quebec, 2013.
- [16] Kirke, B., Al-Jamel, I. H.: Steel Structures Design Manual To AS 4100, ASI, Sydney, Australija, 2004.
- [17] Belamarić, G.: Tehnologija prijevoza kontejnera, Pomorski fakultet u Splitu, Split, 2011.




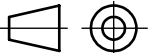
## PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija

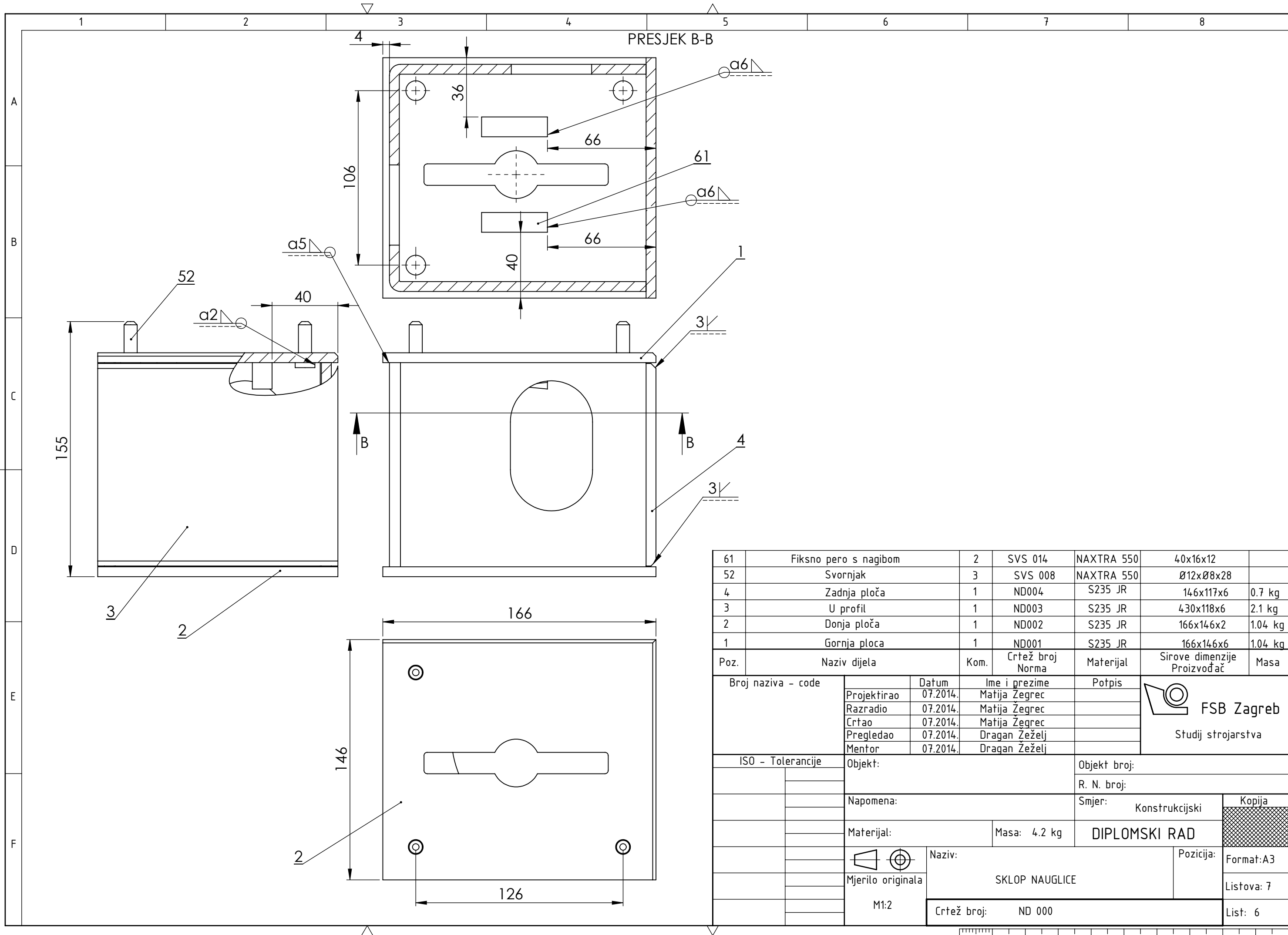
$\nabla$  Ra 6.3




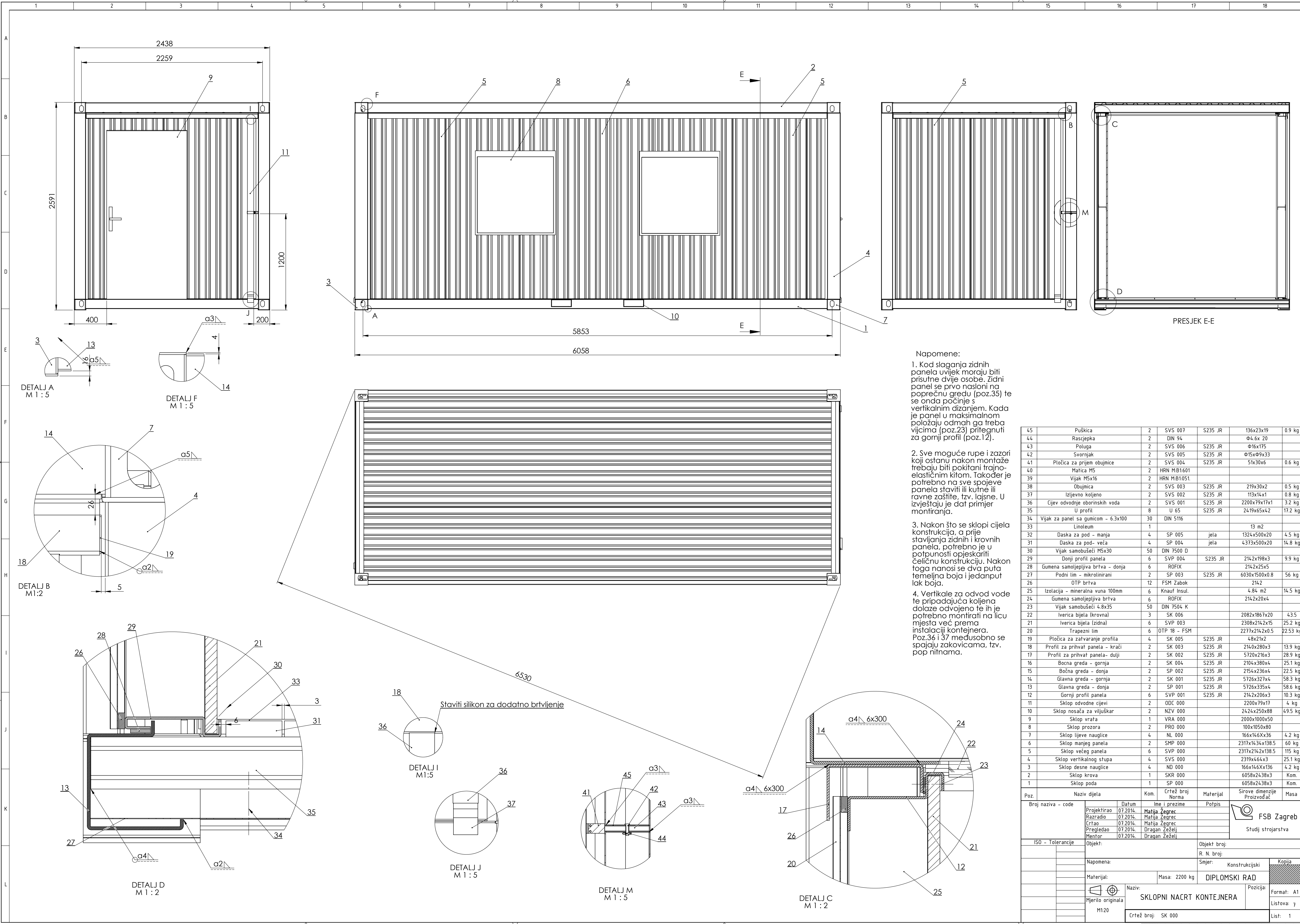
Sve oštre bridove skinuti 2/45 °

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	<div></div> <div>FSB Zagreb</div> <div>Studij strojarstva</div>		
		Projektirao	Matija Žegrec				
		Razradio	07.2014.	Matija Žegrec			
		Crtao	07.2014.	Matija Žegrec			
		Pregledao	07.2014.	Dragan Žeželj			
		Mentor					
ISO - Tolerancije		Objekt:		Objekt broj:			
				R. N. broj:			
		Napomena:		Smjer:	Konstruktivski	Kopija	
		Materijal:	S235 JR	Masa:	1.04 kg	DIPLOMSKI RAD	
			Naziv:		Pozicija:	Format: A4	
		Mjerilo originala	Gornja ploča nauglice		1	Listova: 7	
		M1:2	Crtež broj:		ND001	List: 7	

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



61	Fiksno pero s nagibom	2	SVS 014	NAXTRA 550	40x16x12	
52	Svornjak	3	SVS 008	NAXTRA 550	Ø12xØ8x28	
4	Zadnja ploča	1	ND004	S235 JR	146x117x6	0.7 kg
3	U profil	1	ND003	S235 JR	430x118x6	2.1 kg
2	Donja ploča	1	ND002	S235 JR	166x146x2	1.04 kg
1	Gornja ploča	1	ND001	S235 JR	166x146x6	1.04 kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao	07.2014.	Matija Žegrec		
		Razradio	07.2014.	Matija Žegrec		
		Crtao	07.2014.	Matija Žegrec		
		Pregledao	07.2014.	Dragan Žeželj		
ISO - Tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
					R. N. broj:	
		Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	
		Materijal:			Masa: 4.2 kg	
		Naziv:			DIPLOMSKI RAD	
		Mjerilo originala			Pozicija:	
		M1:2			SKLOP NAUGLICE	
		Crtež broj:			ND 000	
					Format: A3	
					Listova: 7	
					List: 6	



Napomene:

1. Kod slaganja zidnih panela uvijek moraju biti prisutne dvije osobe. Zidni panel se prvo nasloni na poprečnu gredu (poz.35) te se onda počinje s vertikalnim dizanjem. Kada je panel u maksimalnom položaju odmah ga treba vijcima (poz.23) pritegnuti za gornji profil (poz.12).

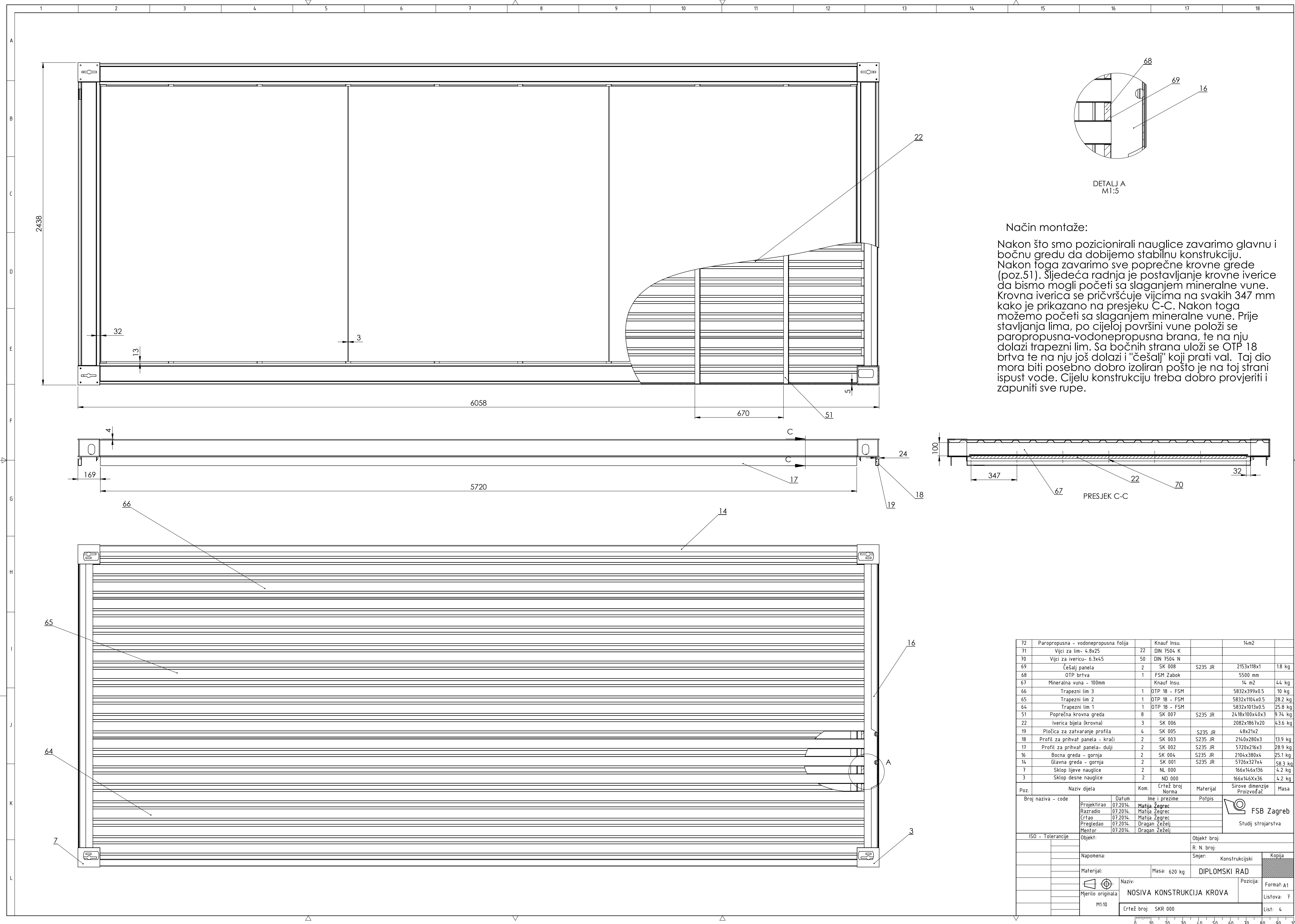
2. Sve moguće rupe i zazoru koji ostanu nakon montaže trebaju biti pokršteni trajno-elastičnim kitom. Također je potrebno na sve spojeve panela staviti ili kutne ili ravne zaštite, tzv. lajsne. U izvještaju je dat primjer montiranja.

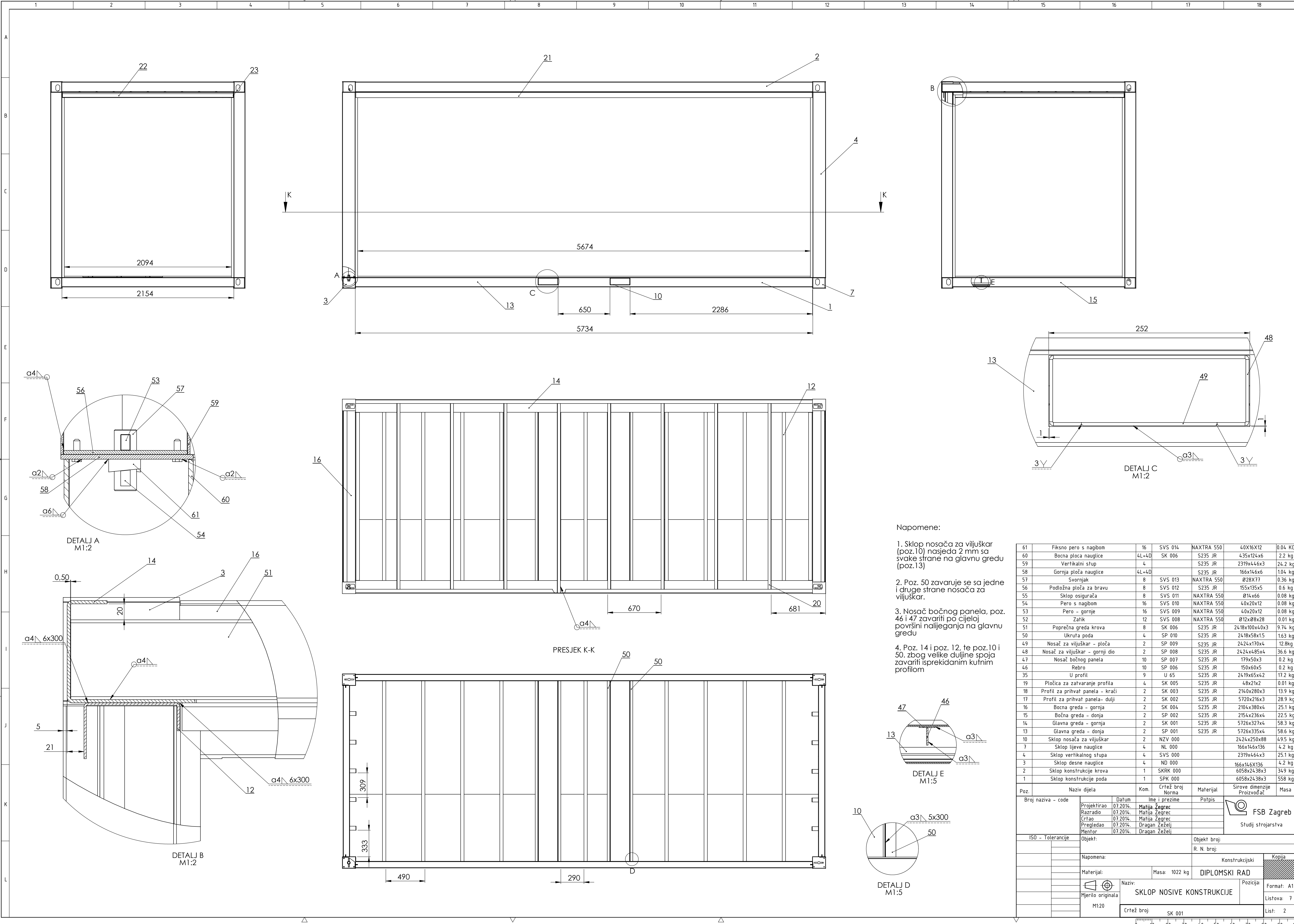
3. Nakon što se sklopi cijela konstrukcija, a prije stavljanja zidnih i krovnih panela, potrebno je u potpunosti opjeskariti čeličnu konstrukciju. Nakon toga nanosi se dva puta temeljna boja i jedanput lak boja.

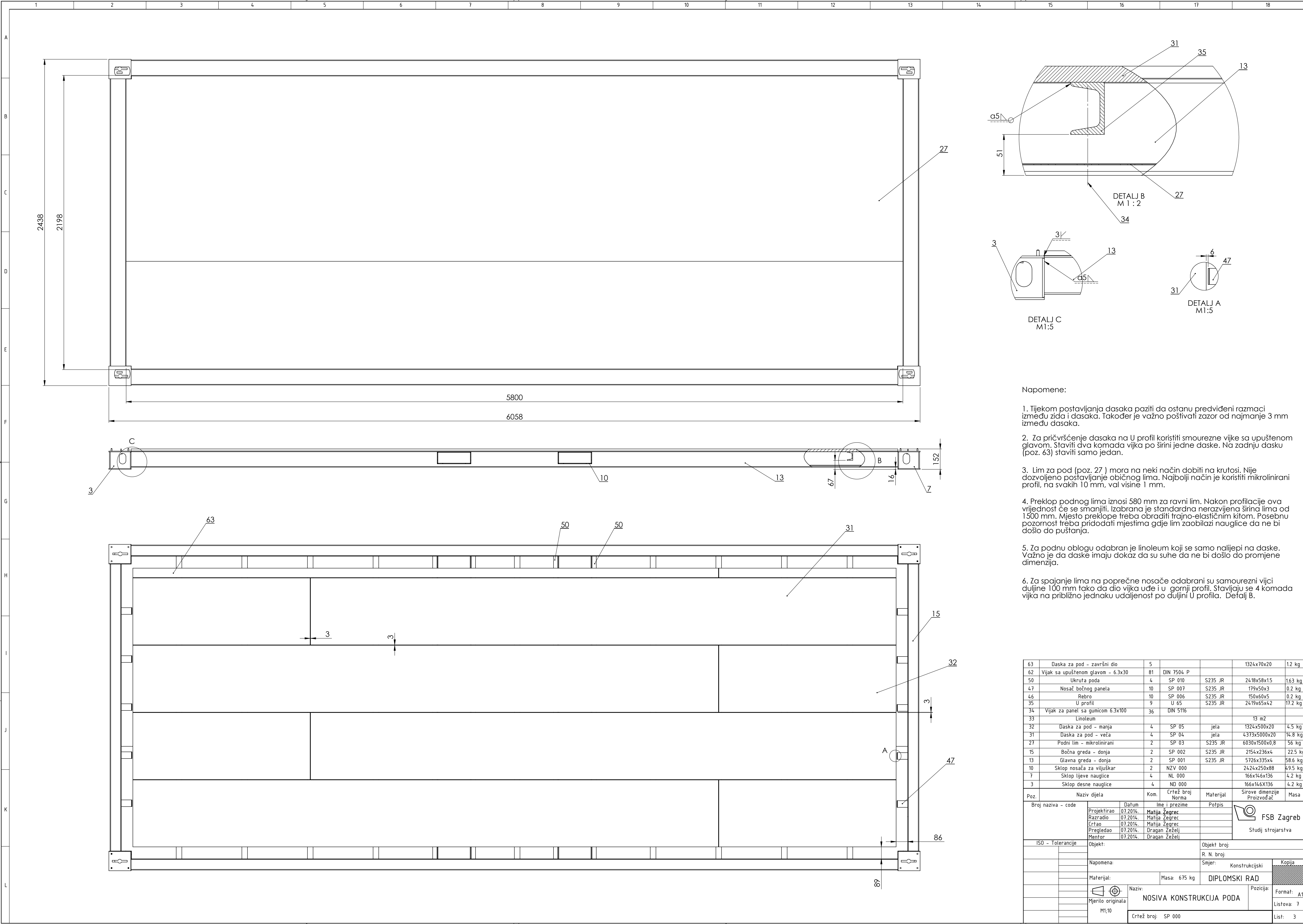
4. Vertikale za odvod vode te pripadajuća koljena dolaze odvojeno te ih je potrebno montirati na licu mjesta već prema instalaciji kontejnera. Poz.36 i 37 međusobno se spajaju zakovicama, tzv. pop nitnama.

45	Puškica	2	SVS 007	S235 JR	136x23x19	0.9 kg
44	Rascjepka	2	DIN 94		Ø4.6x 20	
43	Poluga	2	SVS 006	S235 JR	Ø16x175	
42	Svornjak	2	SVS 005	S235 JR	Ø15xØ9x33	
41	Pločica za prijem obujmice	2	SVS 004	S235 JR	51x30x6	0.6 kg
40	Matrica M5	2	HRN MB1601			
39	Vijak M5x16	2	HRN MB1051			
38	Obujmica	2	SVS 003	S235 JR	219x30x2	0.5 kg
37	Izljevno koljeno	2	SVS 002	S235 JR	113x14x1	0.8 kg
36	Cijev odvodnje oborinskih voda	2	SVS 001	S235 JR	2200x79x17x1	3.2 kg
35	U profil	8	U 65	S235 JR	2419x65x42	17.2 kg
34	Vijak za panel sa gumicom - 6.3x100	30	DIN 5116			
33	Linoleum	1			13 m2	
32	Daska za pod - manja	4	SP 005	jela	1324x500x20	4.5 kg
31	Daska za pod- veća	4	SP 004	jela	4373x500x20	14.8 kg
30	Vijak samobušeci M5x30	50	DIN 7500 D			
29	Donji profil panela	6	SVP 004	S235 JR	214.2x198x3	9.9 kg
28	Gumena samolepljiva brtva - donja	6	ROFIX		214.2x25x5	
27	Podni lim - mikrolinirani	2	SP 003	S235 JR	6030x1500x0.8	56 kg
26	OTP brtva	12	FSM Zabok		214.2	
25	Izolacija - mineralna vuna 100mm	6	Knauf Insul.		4.84 m2	14.5 kg
24	Gumena samolepljiva brtva	6	ROFIX		214.2x20x4	
23	Vijak samobušeci 4.8x35	50	DIN 7504 K			
22	Iverica bijela (krovnal)	3	SK 006		2082x1867x20	43.5
21	Iverica bijela (zidna)	6	SVP 003		2308x214.2x15	25.2 kg
20	Trapezni lim	6	OTP 18 - FSM		2277x214.2x0.5	22.53 kg
19	Pločica za zatvaranje profila	4	SK 005	S235 JR	48x21x2	
18	Profil za prihvat panela - kraći	2	SK 003	S235 JR	214.0x280x3	13.9 kg
17	Profil za prihvat panela- duži	2	SK 002	S235 JR	5720x216x3	28.9 kg
16	Bocna greda - gornja	2	SK 004	S235 JR	2104x380x4	25.1 kg
15	Bocna greda - donja	2	SP 002	S235 JR	2154x236x4	22.5 kg
14	Glavna greda - gornja	2	SK 001	S235 JR	5726x327x4	58.3 kg
13	Glavna greda - donja	2	SP 001	S235 JR	5726x335x4	58.6 kg
12	Gornji profil panela	6	SVP 001	S235 JR	214.2x206x3	10.3 kg
11	Sklop odvodne cijevi	2	ODC 000		2200x79x17	4 kg
10	Sklop nosača za vijljuškar	2	NZV 000		24.2x250x88	49.5 kg
9	Sklop vrata	1	VRA 000		2000x1000x50	
8	Sklop prozora	2	PRO 000		100x1050x80	
7	Sklop lijeve nauglice	4	NL 000		166x146x36	4.2 kg
6	Sklop manjeg panela	2	SMP 000		2317x1434x138.5	60 kg
5	Sklop većeg panela	6	SVP 000		2317x214.2x138.5	115 kg
4	Sklop vertikalnog stupa	4	SVS 000		2319x464x3	25.1 kg
3	Sklop desne nauglice	4	ND 000		166x146x136	4.2 kg
2	Sklop krova	1	SKR 000		6058x2438x3	Kom.
1	Sklop poda	1	SP 000		6058x2438x3	Kom.

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Sirove dimenzije	Masa
	Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis		
	Projektirao	07.2014.	Matija Žegrec			
	Razradio	07.2014.	Matija Žegrec			
	Crtao	07.2014.	Matija Žegrec			
	Pregledao	07.2014.	Dragan Žeželj			
	Mentor	07.2014.	Dragan Žeželj			
ISO - Tolerancije	Objekt:		Objekt broj:			
			R. N. broj:			
	Napomena:		Smjer:	Konstruktorski	Kopija	
	Materijal:		Masa: 2200 kg	DIPLOMSKI RAD		
			Naziv:	Pozicija:	Format: A1	
	Mjerilo originala		SKLOPNI NACRT KONTEJNERA		Listova: 7	
	M1:20		Crtež broj: SK 000		List: 1	



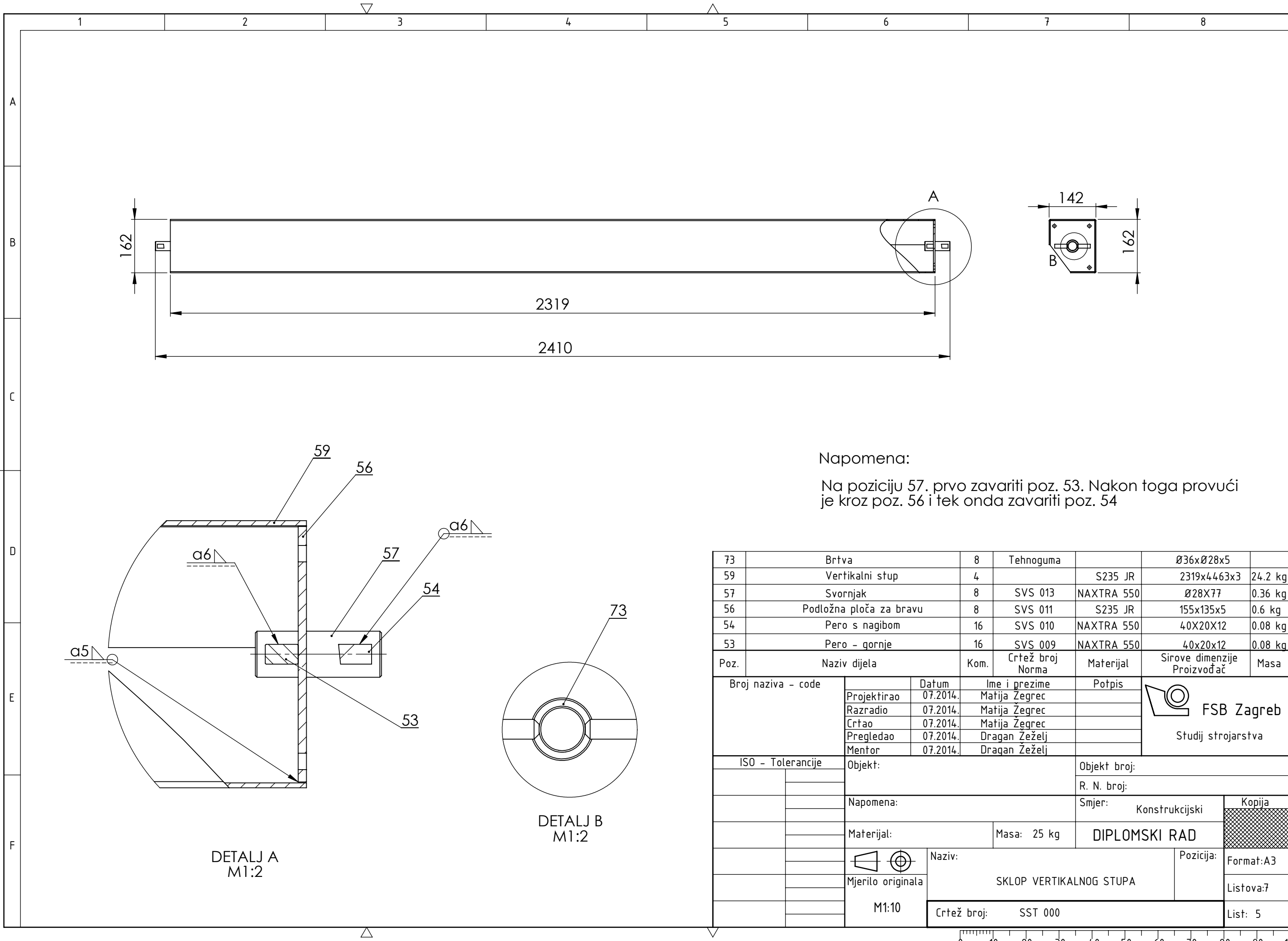




Napomene:

1. Tijekom postavljanja dasaka paziti da ostanu predviđeni razmaci između zida i dasaka. Također je važno poštivati zazor od najmanje 3 mm između dasaka.
2. Za pričvršćenje dasaka na U profil koristiti smourezne vijke sa upuštenom glavom. Staviti dva komada vijka po širini jedne daske. Na zadnju dasku (poz. 63) staviti samo jedan.
3. Lim za pod (poz. 27 ) mora na neki način dobiti na krutosi. Nije dozvoljeno postavljanje običnog lima. Najbolji način je koristiti mikrolinirani profil, na svakih 10 mm, val visine 1 mm.
4. Preklop podnog lima iznosi 580 mm za ravni lim. Nakon profilacije ova vrijednost će se smanjiti. Izabrana je standardna nerazvijena širina lima od 1500 mm. Mjesto preklope treba obraditi trajno-elastičnim kitom. Posebnu pozornost treba pridodati mjestima gdje lim zaobilazi nauglice da ne bi došlo do puštanja.
5. Za podnu oblogu odabran je linoleum koji se samo nalijepi na daske. Važno je da daske imaju dokaz da su suhe da ne bi došlo do promjene dimenzija.
6. Za spojanje lima na poprečne nosače odabrani su samourezni vijci duljine 100 mm tako da dio vijka uđe i u gornji profil. Stavljaju se 4 komada vijka na približno jednaku udaljenost po dužini U profila. Detalj B.

63	Daska za pod - završni dio	5	DIN 7504 P		1324x70x20	12 kg
62	Vijak sa upuštenom glavom - 6.3x30	81	DIN 7504 P			
50	Ukrufa poda	4	SP 010	S235 JR	2418x58x15	163 kg
47	Nosač bočnog panela	10	SP 007	S235 JR	179x50x3	0.2 kg
46	Rebro	10	SP 006	S235 JR	150x60x5	0.2 kg
35	U profil	9	U 65	S235 JR	2419x65x42	17.2 kg
34	Vijak za panel sa gumicom 6.3x100	36	DIN 5116			
33	Linoleum				13 m2	
32	Daska za pod - manja	4	SP 05	jela	1324x500x20	4.5 kg
31	Daska za pod - veća	4	SP 04	jela	4373x5000x20	14.8 kg
27	Podni lim - mikrolinirani	2	SP 03	S235 JR	6030x1500x0.8	56 kg
15	Bočna greda - donja	2	SP 002	S235 JR	2154x236x4	22.5 kg
13	Glavna greda - donja	2	SP 001	S235 JR	5726x335x4	58.6 kg
10	Sklop nosača za vijuškar	2	NZV 000		2424x250x88	49.5 kg
7	Sklop lijeve nauglice	4	NL 000		166x146x136	4.2 kg
3	Sklop desne nauglice	4	ND 000		166x146x136	4.2 kg
Naziv dijela		Kom.	Crtež broj	Materijal	Sirove dimenzije	Masa
Poz.		Kom.		Crtež broj	Materijal	Sirove dimenzije
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		07.2014.		Matija Zegrec		
Razradio		07.2014.		Matija Zegrec		
Crtao		07.2014.		Matija Zegrec		
Pregledao		07.2014.		Dragan Žeželj		
Mentor		07.2014.		Dragan Žeželj		
ISO - Tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
				R. N. broj:		
		Napomena:		Smjer:		Kopija
		Materijal:		Masa: 675 kg		DIPLOMSKI RAD
		Naziv:		Pozicija:		Format: A1
		Mjerilo originala		NOSIVA KONSTRUKCIJA PODA		Listova: 7
		M1:10		Crtež broj: SP 000		List: 3



Napomena:

Na poziciju 57. prvo zavariti poz. 53. Nakon toga provući je kroz poz. 56 i tek onda zavariti poz. 54